BHS
III
1-24

BHS III 1-24

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke Aktiengesellschaft
Bibliothek:
Gruppe: III
B. Nr. 1

BIBLIOTHEK
DER K.B.GENERAL
BERGW.U.SALINEN
ADMINISTR.

Der praktische

Maschinenbauer.

Enthaltend:

Die Dampfmaschinen-Baukunst.

Eine vollständige technische Untersuchung über die Materialien, die Zusammensetzung, Ausführung und Veranschlagung aller Arten und aller bekannten Systeme, der kleinsten und der größten Dampfmaschinen. Von den französischen Ingenieuren C. M. Bataille und C. E. Jullien.

Ein Handbuch

für

Maschinenbauer, Mechaniker, Kunstdrechsler und Fabrikbesitzer.

Nach den besten Werken über diesen Gegenstand bearbeitet

von

Andr. Valent. Demme,

praktischem Maschinenbauer.

Vierundzwanzigste Lieferung.

Mit 16 Tafeln Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1847.

Handbuch

der

Dampfmaschinen-Baukunst.

Enthaltend:

Eine vollständige technische Untersuchung über die Materialien, die Zusammensetzung, Ausführung und Veranschlagung aller Arten und aller bekannten Systeme, der kleinsten und der größten Dampfmaschinen.

Von

den französischen Ingenieuren

E. M. Bataille und **C. E. Jullien.**

Erster Theil.

Mit 16 Tafeln Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1847.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Dreißig Jahre sind etwa seit der Zeit verflossen, zu welcher der Dampfmaschinenbau auch in Frankreich und Deutschland einheimisch wurde, und jetzt gehört er zu einem der wichtigsten Zweige des Maschinenbauwesens und der Gewerbe überhaupt.

Während dieses Zeitraums hat man sehr große Fortschritte, sowohl in den Verfahrungsarten, wie die Maschinentheile ausgeführt werden, als auch in den Vorrichtungen zur Dampfersparung gemacht. So sahen wir einerseits nach und nach die Parallel-Drehbänke, die Hobel- oder Feilmaschinen, die Schraubenschneidmaschinen, die vertikalen Bohrmaschinen ꝛc. entstehen; wogegen andererseits bei Dampfmaschinen unter 25 Pferdekräften nach und nach der Balancier und der Condensationsapparat verschwanden, und dagegen die Maschinen mit zwei Lenkstangen, mit horizontalem und mit schwingendem Cylinder ꝛc. aufkamen, welche zuvörderst ohne und dann mit Expansion betrieben wurden.

Obgleich diese verschiedenen Fortschritte, ein jeder für sich, von verschiedenen Maschinenbauern gemacht worden sind, so haben sie doch nicht gesäumt, allgemeine Grundsätze zu werden, und es giebt jetzt wohl kaum

einen einzigen Mechaniker, der nicht ganz vollkommen alle Bedingungen der Ausführung und der Einrichtung kennt, denen er genügen muß, um eine gute Maschine, in der ganzen Ausdehnung des Worts, herzustellen.

Es giebt aber zwei Punkte bei dem Maschinenbau, bei denen große Fortschritte gemacht worden sind; es ist dies ein Hauptpunkt, und man muß mit uns annehmen, daß wir darin zurückgeblieben sind: wir reden nämlich von der Organisation der Arbeit.

Ohne hier vollständig zu erklären, was man unter dem Ausdruck: Organisation der Arbeit, versteht, bemerken wir hier bloß, daß man sehr selten zwei Dampfmaschinen von gleicher Kraft, von gleicher Arbeit und von gleichem System trifft, die nicht nach demselben Plane construirt wären, deren Theile, indem sie gleiche Leistungen erfüllen, nicht allein dieselben Formen, sondern auch dieselben Dimensionen haben; und dies nicht allein bei zwei verschiedenen Maschinenbauern, sondern weit mehr noch bei einem und demselben.

Die Annahme von proportionalen Formen und Dimensionen, die Classificirung der hauptsächlichsten Dimensionen in Reihen, dies ist es, was die Basis von der Organisation der Arbeit bildet.

Aus der Annahme proportionaler Formen und Dimensionen folgt:

Für die Ingenieure, Befreiung von den Studien des Einzelnen; vorläufige Kenntniß der Räume, welche die Theile bei der Anfertigung eines Entwurfes einnehmen werden.

Für die Arbeiter eine geschickte und genaue Ausführung.

Für Alle seltnere Fehler und weit leichtere Verbesserung derselben.

Aus der Sonderung der hauptsächlichsten Dimensionen in Reihen folgt:

Für die Eigenthümer von Maschinenbauwerkstätten, — eine bedeutende Ersparung der Kosten für besondere Werkzeuge und für Modelle; — häufigere Benutzung derselben Werkzeuge und derselben Modelle; — Fabrikation der einzelnen Theile vorher, wobei man die Anfertigung verdingen und weit wohlfeiler bewerkstelligen kann; — schnelle Ausführung der Bestellungen.

Außerdem hat man von den bekannten Dimensionen zu den Gewichten, von den Gewichten zu den Productionskosten, von den bekannten Productionskosten der einzelnen Stücke und Maschinentheile zu denen vollständiger Maschinen, nur einen Schritt.

Nun aber wird Niemand in Abrede stellen können, daß es für den Maschinenbauer von großer Wichtigkeit ist, sehr rasch und möglichst annähernd die Productionskosten einer Bestellung berechnen zu können, da ihm dieselbe nur nach gemachtem Anschlage überlassen werden wird, und gewöhnlich nur dann, wenn er wohlfeiler als seine Concurrenten ist. Wie häufig ist es wirklich der Fall, daß wegen unrichtiger Aufstellung der Veranschlagung einer Maschine, Maschinenbauer Bestellungen erhalten, bei denen sie Verlust haben.

Hätten wir unsern Versuch auf die Entwickelung der Grundsätze von der Organisation der Arbeit, was wir darunter verstehen, so wie auf ihre Anwendung auf die annähernde Veranschlagung der Maschinen beschränkt, so würde dies offenbar eine Voreiligkeit gewesen sein. Aus diesem Grunde sind wir demnach umfassender zu Werke gegangen, und wir reden daher in diesem zweiten Abschnitte des Werks von alle Dem, was zur Fabrikation der Dampfmaschinen gehört. Zu dem Ende haben wir ihn in 4 Hauptabtheilungen getheilt, nämlich:

1ste Abtheilung. Materialien, welche bei dem Maschinenbau angewendet werden.

2te Abtheilung. Zusammensetzung der Dampfmaschinen.

3te Abtheilung. Eigentlicher Maschinenbau.

4te Abtheilung. Veranschlagung der Dampfmaschinen.

Die erste Abtheilung umfaßt die Untersuchung der allgemeinen Eigenschaften der Materialien und die Berechnungen zur Bestimmung ihrer Dimensionen, nach den verschiedenen Arten des Widerstandes, den sie zu leisten haben.

Die zweite Abtheilung umfaßt eine Untersuchung der Dampfmaschinen nach allen ihren Einzelnheiten, und die Anwendung der Principien, welche sich auf die oben erwähnten verhältnißmäßigen Dimensionen und Reihen beziehen.

Die dritte Abtheilung umfaßt die Beschreibung aller Arbeiten in den Maschinenbauwerkstätten und ihrer Organisation.

Die vierte Abtheilung beschäftigt sich mit der Aufstellung annähernder Anschläge, für alle Fälle, welche sich bei dem Dampfmaschinenbau darbieten können.

Möchten die Herren Maschinenbauer die Anstrengungen, welche wir zu ihrem Nutzen gemacht haben, anerkennen, und möchten sie ihre Genugthuung uns dadurch beweisen, daß sie zur Vervollständigung und Verbesserung unserer Arbeit Mittheilungen machen.

Erste Abtheilung.

Materialien, welche hauptsächlich bei der Anfertigung der Maschinentheile angewendet werden.

Der Maschinenbau, aus allgemeinem Gesichtspunkte betrachtet, hat den Zweck, aus gegebenen Materialien ein gefordertes Ganzes zusammenzusetzen.

Unter diesen Materialien giebt es welche, die durch ihre Eigenschaften gänzlich von den auszuführenden Constructionen ausgeschlossen werden, wogegen es wieder andere giebt, welche zu gewissen Theilen viel geeigneter sind, als alle übrigen.

Bei den Maschinen sind die allgemeinen Eigenschaften der anzuwendenden Materialien die folgenden, nämlich: 1) Festigkeit; 2) Leichtigkeit; 3) Geschmeidigkeit; 4) geringer Werth; endlich 5) in gewissen Fällen Leitbarkeit.

Um eine gehörige Darstellung machen zu können, welche von den in den Gewerben angewendeten Baumaterialien diejenigen sind, welche diese 4 oder 5 Haupteigenschaften zu gleicher Zeit haben, müssen wir zuvörderst bemerken, daß diese Materialien von drei verschiedenen Arten sind, nämlich:

1) Mineralsubstanzen: Steine, Gebrannter Thon, Glas, Metalle.

2) Pflanzenstoffe: Holz, Faserstoffe, Flüchtige Oele.

3) Thierische Stoffe: Leder, Talg, Fette Oele.

Indem wir nun nach und nach diese verschiedenen Materialien betrachten, lassen wir diejenigen von ihren Eigenschaften hervortreten, welche sie geeignet machen, im Allgemeinen, entweder als Haupt- oder als Nebentheile zum Maschinenbau zu benutzen:

Steine.

Die Kalksteine haben weder Festigkeit, noch Leichtigkeit.

Der Marmor hat freilich nicht so geringe Festigkeit, und man könnte ihn daher recht gut benutzen, wenn er nicht so kostbar in der Anschaffung und Bearbeitung wäre.

Granit läßt sich sehr schwer bearbeiten, und hat außerdem die Nachtheile des Kalksteins und des Marmors. Die Kalksteine allein spielen eine Rolle beim Maschinenbau, jedoch nur eine Nebenrolle, indem sie bei der Herstellung des Fundaments, auf welchem man die Maschinen aufstellt, benutzt werden.

Gebrannter Thon.

Der einzige Fehler der aus gebranntem Thon angefertigten Gegenstände, welcher sie von dem Maschinenbau ausschließt, ist der, zerbrechlich zu sein; denn sie haben die 4 erforderlichen Eigenschaften, mit Ausschluß eines Theils der Festigkeit, welcher in dem Widerstande gegen die Stöße besteht. Als Ziegelsteine dient der gebrannte Thon zum Maschinenbau, namentlich bei den Dampfmaschinen zur Construction der Dampfkesselöfen.

Glas.

So wie bei dem gebrannten Thon ist der einzige Fehler, welcher dieses Material von dem Maschinenbau ausschließt, seine Sprödigkeit, die noch größer, als bei dem letztern ist.

Beim Maschinenbau wird es zu verschiedenen kleinen Nebenapparaten angewendet, zu denen Durchsichtigkeit unerläßlich ist.

Metalle.

Eine große Anzahl von den Metallen besitzen im höchsten Grade die erste und die dritte Eigenschaft. Die zweite, welche für einen gegebenen Widerstand die Folge von der erstern ist, findet sich in demselben Verhältniß unter ihnen vertheilt; was die vierte anbelangt, so ist sie verschieden, und gestattet nur einer sehr beschränkten Anzahl von Metallen zur Anfertigung der Maschinentheile benutzt werden zu können. Dagegen besitzen alle Metalle die fünfte Eigenschaft, jedoch in verschiedenem Grade.

Aus diesen verschiedenen Gründen sind die Metalle die geeignetsten Materialien zum Maschinenbau.

Holz.

Das Holz ist leicht, fest und bis auf gewisse Fälle sehr leicht

bearbeitbar; seine Verwandlung in Maschinentheile ist auch nicht kostbar. Jedoch leistet es nur nach der Richtung der Fasern Widerstand, so daß es unzweckmäßig zur Construction derjenigen Theile ist, bei denen die Fasern unterbrochen werden müssen. Außerdem ist es mehr oder weniger den Einflüssen der Feuchtigkeit und der Trockenheit unterworfen, wodurch es die ihm ertheilten Formen verliert. Früher benutzte man es bei den Maschinen zu gewissen Theilen, bei denen ihre Fehler keinen wesentlichen Einfluß hatten, wie zu Balanciers, Bläuln, Böten ꝛc.; nach und nach aber ist es durch das Eisen verdrängt, und wird daher nur noch zu Gerüsten, Gebäuden und Fundamenten benutzt.

Faserstoffe.

Sie werden bei den Dampfmaschinen zu den sogenannten Liderungen der reibenden Theile benutzt; wenn die Verbindung unter zwei Reihen dicht unterbrochen werden soll.

Flüchtige Oele.

Flüchtiges oder trocknendes Oel wird bei den Maschinen, im Gemenge mit Bleiweiß oder Mennige, zu Kitten benutzt.

Leder.

Es wird beim Maschinenbau als Nebenmaterial zur Liderung bei kalten Wasserpumpen und bei Gebläsen, zu Laufriemen und zu andern Dingen angewendet.

Talg.

Man benutzt es bei den Maschinen, um die Theile gegen die zerstörende Einwirkung der Luft und des Wassers zu schützen, und zuweilen dient es auch zur Verminderung der Reibung.

Fette Oele.

Man verwendet sie bei den Maschinen zur Verminderung der Reibung der beweglichen Theile, wozu sie wegen ihrer Flüssigkeit geeigneter sind als Talg. Ihre sehr beweglichen Theilchen wirken wie kleine Frictionsrollen zwischen den reibenden Oberflächen, und verwandeln daher eine *gleitende* Reibung in eine *rollende*.

Erstes Capitel.

Chemische, physikalische und ökonomische Eigenschaften der Metalle, Metallgemische oder Legirungen, welche bei dem Maschinenbau angewendet werden.

Unter den 41 bekannten Metallen sind nur 12 hinreichend in der Natur verbreitet und sind fast genug, um in den Gewer-

ben benutzt werden zu können, nämlich: Gold, Platin, Silber, Nickel, Quecksilber, Kupfer, Zinn, Antimon, Wismuth, Blei, Eisen und Zink.

Das Gold, das Platin und das Silber sind zu theuer, um auch nur in den geringsten Mengen bei der Anfertigung der Maschinen benutzt werden zu können.

Das Nickel ist ebenfalls zu theuer, um für sich allein angewendet zu werden; dagegen benutzt man es sehr vortheilhaft in Legirungen mit dem Kupfer.

Quecksilber ist wegen seiner Flüssigkeit und Flüchtigkeit von Constructionen ausgeschlossen; dagegen wird es als Material zur Anfertigung der Sicherheitsapparate, wie Manometer und Thermometer benutzt, zu denen seine Eigenschaften im höchsten Grade geeignet sind.

Das Antimon und das Wismuth sind zu spröde, um für sich benutzt werden zu können, auch gebraucht man es nur zu gewissen Legirungen, wobei man ihre Eigenschaften benutzt. So wird das Antimon mit dem Blei legirt, um in der Schriftgießerei verwendet zu werden, und zwar vorzugsweise vor allen übrigen Metallen, weil es der Legirung mit geringen Kosten so viel Härte mittheilt, daß die Schrift in der Presse nicht ihre Form verliert. Das Wismuth wird in einer Legirung mit Blei und Zinn, zur Anfertigung leicht schmelzbarer Scheiben benutzt, weil es die Eigenschaft hat, in gewissen Verhältnissen im Gemisch mit jenen beiden andern Metallen, in der Temperatur hochgedrückter Dämpfe zu schmelzen.

Kupfer, Zinn, Blei, Eisen und Zink, so wie ihre Verbindungen und Legirungen, sind die einzigen Metalle, welche mit Vortheil bei der Anfertigung der Maschinentheile angewendet werden können. Jedoch muß man nach den Leistungen, welche man mit ihnen zu machen hat, noch eine Wahl treffen; diese werden wir bei ihrem Studium kennen lernen.

Eisen.

§. 1. Allgemeine Eigenschaften.

1) Physikalische Beschaffenheit. Das Eisen ist bis zu hohen Temperaturen fest, daß es im Allgemeinen als unschmelzbar angesehen wird. Dennoch gelangt es in einer Temperatur von 150° des Wedgwood'schen Pyrometers, oder in 15 bis 1600° C. zum Schmelzen.

2) Farbe. Reines Eisen hat polirt das Ansehen von Sil-

ber, und kann mit diesem Metall verwechselt werden, allein es zeigt diese Eigenschaft nur einen Augenblick, so sehr wird es durch den Sauerstoff verändert. — Unrein ist es bläulich-grau.

3) Geruch und Geschmack. Das Eisen besitzt einen sehr wahrnehmbaren, aber schwachen Geruch und Geschmack; wenn man es eine Zeit lang in dem Munde behält, so hört es auf, das Zahnfleisch zu reizen.

4) Dichtigkeit. Die Dichtigkeit des durch Schmelzung erhaltenen reinen Eisens beträgt 7,8439; das im Handel vorkommende Stabeisen wechselt zwischen 7,60 und 7,79, je nachdem es geglüht und langsam abgekühlt, oder durch Hämmern, Walzen und Ziehen durch ein Drahtzieheisen, mehr verdichtet ist. — Dennoch wiegt ein Kubikfuß Schmiedeeisen 404—418 Pfund.

5) Ausdehnung. Wenn die Länge eines Stabes von gutem Schmiedeeisen 1 ist, so beträgt seine Längenausdehnung zwischen 0 und 100 Grad:

Nach Lavoisier und Laplace,	weiches Schmiedeeisen	$\frac{1}{819}$
= = =	Draht	$\frac{1}{812}$
= Smeaton	Schmiedeeisen . . .	$\frac{1}{795}$
= General Roy,	Prisma von Gußeisen	$\frac{1}{901}$
= Throughton, ...	Eisendraht	$\frac{1}{694}$
= Dulong und Petit,	von 0 — 100 Grad . .	$\frac{1}{846}$
= = =	von 100 — 300 Grad .	$\frac{1}{681}$

6) Festigkeit. Die absolute Festigkeit des Eisens ist sehr verschieden, im Allgemeinen aber viel bedeutender, als die des Gußeisens. Sie beträgt nach den besten Angaben:

Eisensorte.	In Kil. auf das Q.Cent. Durchschnitt.		
	Minima.	Durchschnitt.	Maxima.
Schmiedeeisen	3200	4300	5400
Blech in der Richtung des Walzens . .	3800	4080	4300
Blech, senkrecht auf dieser Richtung . .	3350	3645	3940
Eisendraht, nicht ausgeglüht von 5 bis 1,3 Mm. Durchmesser	6000	6240	6480
Eisendraht, nicht ausgeglüht, von 1 Mm. Durchmesser und darunter	7000	7700	8400
Eisendraht, ausgeglüht von 1 bis 1,5 Mm. Durchmesser	3600	3700	3800
Eisen, unter dem Hammer ausgeschweißt.	5500	5750	6000

Nach Karmarsch beträgt die absolute Festigkeit des Eisens, für den Quadratzoll berechnet, bei geschmiedeten oder gewalzten

Stäben 28,500 bis 67,000 Pfund, bei Blech 42,300 bis 57,500 Pfund, bei hart gezogenem Drahte 73,000 bis 170,000 Pfund, bei ausgeglühtem Drahte 43,000 bis 72,500 Pfund (Hannöverisch).

7) Dehnbarkeit und Schmiedbarkeit. Das Eisen ist eins von den dehnbarsten Metallen, allein es hat in der gewöhnlichsten Temperatur nur eine geringe Schmiedbarkeit oder Streckbarkeit. Hinsichtlich seiner Dehnbarkeit ist es das erste von den in den Gewerben angewendeten Metallen, dagegen das letzte wegen seiner Streckbarkeit.

8) Elektrische Beschaffenheit. Das Eisen ist mit dem Golde, Platin, Silber und Antimon elektro-positiv; elektro-negativ mit dem Blei, Zinn und Zink.

Unter dem Einfluß gewisser physikalischer oder chemischer Einwirkungen wird es auch magnetisch.

9) Chemische Einwirkungen der trocknen Luft. Das Eisen wird in Berührung mit der trocknen Luft, in der gewöhnlichen Temperatur, von derselben nicht wesentlich angegriffen. In der Rothglühhitze dagegen oxydirt es sich sehr rasch und bedeckt sich mit Oxydschuppen, Hammerschlag genannt, weil sie sich unter der Einwirkung des Hammers sehr leicht von dem Eisen trennen.

Wenn man es in diesem Zustande mit der Hand, wie eine Schleuder umdreht, so verbrennt es unter Entwickelung sehr vieler Funken vollständig.

10) Chemische Einwirkung der feuchten Luft. In Berührung mit der feuchten Luft wird das Eisen sehr bald mit einer Schicht von gelbem Eisenhydrat oder Rost bedeckt.

11) Chemische Einwirkung des Wassers. Wenn Eisen in gewöhnlicher Temperatur in Wasser getaucht wird, so bedeckt es sich auf der Oberfläche ebenfalls mit einer Schicht von gelbem Hydrat, dem sogenannten Rost; es ist dies aber nur dann der Fall, wenn das Wasser Luft enthält. Rothglühend in das Wasser gesteckt, zersetzt es dagegen diese Flüssigkeit plötzlich.

12) Chemische Einwirkung der Säuren. Die Säuren greifen das Eisen auf zweierlei Weise an, nämlich: indem sich durch seinen Einfluß ihr Wassergehalt zersetzt; oder indem sie eins der Elemente abgeben, aus denen sie bestehen.

Die mit Wasser verdünnte Schwefelsäure greift das Eisen auf die erstere Weise an; die Salpeter- und die Salz- oder Chlor-

wasserstoffsäure auf die zweite, indem sie ihm die eine einen Theil ihres Sauerstoffs, die andere einen Theil ihres Chlors abtreten.

13) Chemische Einwirkung der Oxyde. Das Eisen reducirt die Oxyde der Metalle des dritten Abschnittes, wenn sie als Salze in Wasser aufgelös't sind, wie die Oxyde des Kupfers, Bleies, Silbers, Quecksilbers ꝛc. Es reducirt sie auch mit Hülfe einer mäßigen Temperatur; seine Verwandtschaft zu dem Sauerstoff ist so groß, daß es unter dem Einfluß einer hohen Temperatur selbst Kali und Natron reducirt.

14) Verwandtschaften. Nach dem Sauerstoff, für den es die größte Verwandtschaft hat, verbindet sich das Eisen mit Hülfe der Wärme leicht mit den einfachen, nicht metallischen Körpern, mit Ausnahme des Wasserstoffs und des Stickstoffs, wenigstens, wenn nicht besondere Einrichtungen getroffen sind.

15) Wichtige Verbindungen. In Verbindung mit dem Kohlenstoff bildet das Eisen den Stahl oder das Roheisen (Gußeisen), je nach den Verhältnissen, in welchen eine jede Verbindung stattfindet.

16) Wichtige Legirungen. Man hat hauptsächlich drei Legirungen des Eisens zu berücksichtigen, welche ganz besonders auf seine Qualität einwirken, nämlich:

Das Eisen und das Mangan.

Das Eisen und der Phosphor.

Das Eisen und der Schwefel.

Das manganhaltige Eisen ist in der gewöhnlichen Temperatur dehnbar, allein rothbrüchig und schwierig schmiedbar; es paßt daher zur Fabrikation der dünnen Bleche.

Das phosphorhaltige Eisen ist kaltbrüchig, läßt sich aber im glühenden Zustande gut bearbeiten.

Das schwefelhaltige Eisen ist kalt und rothbrüchig.

§. 2. Besondere Eigenschaften.

1. Einwirkung der Temperatur. Das wenigstens rothglühend gemachte Eisen wird nach und nach weich und erlangt eine Streckbarkeit, so daß man ihm unter dem Hammer alle verlangten Formen geben kann. Wird die Temperatur bis zur Weißglühhitze getrieben, so ist es schweißbar, eine Eigenschaft welche einen Mangel dieses Metalles ausgleicht, daß es nur in einer schwer zu erreichenden Temperatur schmilzt.

Wird das Eisen zu lange den höhern Temperaturgraden ausgesetzt, so wird es spröde oder brüchig. Um dies zu beweisen, nahm man 6 Stäbe von dem besten schwedischen Eisen und

brachte drei davon 48 Stunden lang in einen Ofen. Als man sie herausnahm, hatten sie weder von ihrem Gewichte, noch von ihrer Reinheit verloren, allein beim Schmieden zerbrachen sie, während die drei andern nicht geglühten ganz blieben und sich nur bogen.

2. Einwirkung der Erschütterungen. Das anhaltenden Erschütterungen oder Vibrationen ausgesetzte Eisen wird spröde; man erklärt dieses, indem man annimmt, daß die Theile sich verschieben.

Ein alter Hammer ist sehr spröde, welches sich besonders dann zeigt, wenn er mehrere Stunden lang rothglühend erhalten worden ist.

§. 3. Verschiedene Eigenschaften des in dem Handel vorkommenden Eisens.

Das in den Handel gekommene Eisen ist nie rein; es enthält stets wenigstens: 0,002 Kohlenstoff, 0,002 Phosphor oder 0,002 Schwefel auf 1 Eisen. Es zerfällt in drei Classen, nämlich:

1ste Classe. — Weiches Eisen.
2te Classe. — Kaltbrüchiges Eisen.
3te Classe. — Rothbrüchiges Eisen.

Man unterscheidet außerdem auch noch sprödes Eisen als eine vierte Sorte, welches jedoch im Handel zu dem kalt- und rothbrüchigen Eisen gerechnet wird.

Weiches Eisen.

Es läßt sich auf folgende Weise definiren: das weiche Eisen ist in der gewöhnlichen Temperatur und in der Hitze dehnbar; unter dem Hammer ist es schmiedbar und kann wiederholt, ohne daß es zerreißt, gebogen werden. Durch die Temperatur dehnt es sich viel aus, verbrennt und oxydirt leicht; der gleichzeitigen Einwirkung der Luft und des Wassers ausgesetzt, rostet es langsam und gleichförmig. Es ist sehr schwer schmelzbar und verbreitet beim Schmelzen lebhafte und glänzende Funken. Durch die Härtung wird es nicht härter und es nimmt, wenn seine Oberfläche gefeilt und polirt worden ist, eine hellgraue Farbe an; es wird in einem hohen Grade magnetisch, verliert aber den Magnetismus sehr leicht, wenn es unter dem Einfluß von Agentien steht, die im Stande sind, diese Eigenschaft mitzutheilen, oder sobald es dieser Einwirkung entzogen worden ist.

Das weiche Eisen, welches man auch festes Eisen nennt,

zerfällt in drei Sorten, nämlich: in das harte, in das weiche und in das härteste Eisen.

Das harte Eisen, so genannt, weil es der Einwirkung des Feuers und des Hammers am besten widersteht, ist etwas kohlenstoffhaltig; aus diesem Grunde gebraucht man es vorzugsweise zu der Fabrikation des Cementstahles, der eisernen Ketten, der Gewehrläufe, und im Allgemeinen zu allen Dingen, welche einen großen Widerstand erfordern.

Das weiche Eisen ist dehnbarer und schmiedbarer als das vorhergehende, und läßt sich leicht in der Wärme und in der Kälte bearbeiten. Es wird hauptsächlich zur Fabrikation des Hufnageleisens, der Radreifen, des Drahteisens, der Achsen &c. angewendet; alle Stücke, welche Weichheit bei der Bearbeitung und eine große Zähigkeit erfordern.

Das halbfeste Eisen hält die Mitte zwischen dem harten und dem weichen Eisen; es wird hauptsächlich zur Fabrikation der sogenannten Pariser Stifte und des gröbern Eisendrahtes angewendet.

Kaltbrüchiges Eisen.

Dies unterscheidet sich von dem weichen Eisen dadurch, daß, wenn es hohl liegt, und man mit einem Hammer darauf schlägt, es zerspringt. Bei einigen ist dieser Fehler so bedeutend, daß man es nur auf die Erde zu werfen braucht, um es in Stücke zerspringen zu sehen.

Dieses Eisen, welches alles phosphorhaltig ist, hat einen krystalliniſchen Bruch mit weißen und glänzenden Flächen, eben und ohne Zähne oder Haken. In der Glühhitze schmiedet es sich und schweißt es gut, allein unter der Feile ist es hart. Man verwendet es zu manchen kleinen Eisenwaaren, wie Ofenschaufeln, Ofenzangen &c., und zu einigen Nägeln.

Rothbrüchiges Eisen.

Es ist daran kennbar, daß es in der Glühhitze sich nur schwer schmieden läßt, und daß es unter der Wirkung des Hammers Risse erhält. Dieses, stets schwefel- und arsenikhaltige Eisen, hat einen dunkeln und matten Bruch; ist es fadig, so sind die Faden grob und zerrissen. Es sind nur $\frac{3}{10000}$ Theile Schwefel hinreichend, um das Eisen unschweißbar zu machen.

Außer den fremdartigen Substanzen, welche das in den Handel kommende Eisen in drei Classen theilen, findet man auch noch fünf andere Fehler, welche von einer mangelhaften Fabrikation

herrühren, nämlich: 1) Trennungen; 2) Schiefern; 3) Aschenlöcher; 4) Kantenrisse; 5) Querrisse.

1) Trennungen. Die Trennungen sind Stellen, welche in Folge fremdartiger, dazwischen gelangter Substanzen, oder wegen der verschiedenen Temperatur der bei der Schweißung zu vereinigenden Stücke, schlecht geschweißt sind.

Sie zeigen sich durch die Leichtigkeit, mit denen diese Stücke nach entgegengesetzten Richtungen, durch darauf einwirkende Kräfte, von einander getrennt werden können.

2) Schiefern. Die Schiefern sind Fäden, welche an der einen Seite an den Stäben festhängen; das schieferige Eisen ist im Allgemeinen glänzend.

3) Aschenlöcher. Die Aschenlöcher sind grau-schwarze Punkte, welche das Eisen unansehnlich machen, jedoch seiner Qualität nicht nachtheilig sind; sie rühren gewöhnlich von Kohle, oder von erdigen Substanzen her, die dem Eisen beigemengt sind.

4) Kantenrisse sind Querrisse auf den Kanten der Stäbe; sie rühren gewöhnlich von einem Mangel an hinreichender Bearbeitung des Eisens her.

5) Querrisse sind Risse auf der Oberfläche der Stäbe.

Ehe man das Eisen kauft oder annimmt, unterwirft man es gewissen Proben, die den Zweck haben, seine Beschaffenheit zu bestimmen. Diese Proben sind nothwendig nach der Anwendung, wozu das Eisen bestimmt ist, verschieden; dennoch giebt es gewisse Proben, welche sich fast bei jedem Eisen anwenden lassen; es sind die folgenden:

Man macht den zu probirenden Stab in einer Schmiedeesse stark rothglühend, darauf biegt man ihn auf sich selbst zurück, und läßt ihn bis zur dunkeln Rothglühhitze erkalten, worauf man ihn in entgegengesetzter Richtung zurückbiegt und ihn noch kälter werden läßt. Wenn er nun gänzlich erkaltet ist, so haut man die Biegung so tief ein, daß der übrige Theil nicht so viel Widerstand leistet, worauf man ihn so oft hin- und herbiegt, bis daß er zerbricht und die Textur des Bruchs entblößt wird.

Die Proben der hellen und dunkeln Rothglühhitze beweisen, ob das Eisen rothbrüchig ist, oder nicht; die Proben im kalten Zustande, ob es weich ist.

Das kaltbrüchige Eisen zerbricht sogleich in der Kälte; zwischen der Scheere zerbricht es, ohne zerschnitten zu werden, und es knirscht zwischen den Schenkeln des Werkzeuges.

Weiches Eisen dagegen hat einen faserigen oder sehnigen

Bruch, und seine Qualität ist um so besser, je weißer, länger, feiner und gleichartiger der Faden ist.

Eine sehr zweckmäßige Probe, welche man mit einem Eisenstabe anstellen kann, besteht darin, von einem Theil desselben ein Hufeisen anzufertigen.

In der Artillerie probirt man die Achsen dadurch, daß man sie auf zwei Schärfen an den beiden Endpunkten der konischen Theile legt, und alsdann auf die Mitte einen Rammklotz fallen läßt. Darauf läßt man die Achse selbst auf einen gußeisernen Klotz fallen, so daß sie auch in der Mitte einen Stoß erhält.

Der Rammklotz wiegt etwa 6 Centner, und fällt 1,20 Met. (4 Fuß) hoch herab. Der Pfeil oder die Biegung, welche die Achse macht, darf 5 Millim. ($2\frac{1}{4}$ Lin.) nicht übersteigen.

Die Achse selbst muß aus einer Höhe von 2,11 Met. ($6\frac{1}{2}$ Fuß) herabfallen.

Die Eisenbahnschienen probirt man dadurch, daß man sie mit einem Gewicht von 8000 Kil. (etwa 150 Ctr.) belastet, welches sie ohne Biegung, zwischen zwei Unterlagen, tragen müssen. Bei Schienen von 30 bis 35 Kil. (63 bis 74 Pfd.) das laufende Meter, liegen die Unterlagen etwa 1,2 Met. ($3\frac{3}{4}$ Fuß) von einander entfernt.

§. 4. Statistik des Eisens.

Das in dem Handel vorkommende Eisen läßt sich zuvörderst in 5 Haupteintheilungen bringen, nämlich: 1) Eisen, welches aus Holzkohlen-Roheisen, durch den Herdfrischproceß mit Holzkohlen erzeugt, und unter dem Hammer seine Form erhalten hat; 2) Eisen aus Holzkohlen im Herde gefrischt, aber unter Walzwerken bearbeitet; 3) Eisen, aus Holzkohlen-Roheisen, mit Steinkohlen im Puddelofen dargestellt und alsdann ausgeschmiedet; 4) Eisen aus Holzkohlen-Roheisen, im Puddelofen mit Holz, Torf, Braun- oder Steinkohlen, oder mit Gasen erzeugt, und alsdann ausgewalzt; 5) Eisen aus Koaks-Roheisen im Puddelofen mittelst Walzwerken dargestellt.

1) Stabeisen aus Holzkohlen-Roheisen durch den Herdfrischprozeß und mit Hülfe von Hämmern erzeugt. Dieses Eisen, welches das beste von allen ist, wird in die gröbern und in die feinern Sorten getheilt.

Das bei der Herdfrischarbeit zu Stäben geschmiedete Eisen ist zwar fertige Kaufmannswaare und zur weitern Verarbeitung in den Maschinenbau-Werkstätten geeignet; jedoch nicht zu allen Anwendungen ist das Stabeisen in der Form, wie es gewöhnlich

vom Stabeisenhammer geliefert wird, geeignet, indem es in den Handschmieden erst zu kleinern Dimensionen zurückgeführt werden müßte, um für die Zwecke des Maschinenbaues anwendbar zu sein. Deßhalb wird die Darstellung des Stabeisens in kleinern Dimensionen schon auf den Hüttenwerken selbst vorgenommen, mit geringern Kosten als in den kleinen Werkstätten des Schmieds und des Maschinenbauers geschehen kann.

Die Dimensionen, nach welchen das Stabeisen aus den Frischhütten abgeliefert wird, sind in den verschiedenen Ländern verschieden. Die deutsche Frischschmiede ist diejenige Herdfrischarbeit, bei welcher das geschmiedete Eisen in Dimensionen dargestellt wird, welche dasselbe bei anderen Herdfrischmethoden erst durch eine spätere Bearbeitung in besonderen Feuern erhält. Die deutsche Frischschmiede und die Wallonenschmiede sind die einzigen Herdfrischschmieden, welche sich nicht auf die Anfertigung von sogenanntem Grobeisen beschränken, sondern Stabeisen liefern, welches bei den anderen Herdfrischmethoden schon in den sogenannten Kleineisenfeuern bereitet werden muß.

Wird die Streckarbeit nicht unter Hämmern, sondern unter Walzwerken verrichtet, so trennt man die Bereitung des Eisens nach gröberen und nach feineren Dimensionen, weil die feinen Eisensorten eine andere Behandlung unter den Walzwerken verlangen, und weil es bei der Flammenofenfrischerei theils nicht rathsam, theils nicht ausführbar sein würde, die Rohschienen in einer Hitze zu raffiniren und zu den feinsten Dimensionen auszustrecken.

Die Bereitung des Kleineisens unter den Kleinhämmern bei der Einmalschmelzarbeit in Herden, fällt häufig mit der Bearbeitung des Feineisens zusammen, indem das Grobeisen aus den Frischhütten bald zu Stabeisen von kleineren Dimensionen, wie es die deutsche Frischschmiede und die Wallonenschmiede unmittelbar liefern, bald zu ganz feinen Eisensorten ausgestreckt wird. Diese Eisensorten sind es aber nur allein, welche in den Gegenden, wo die deutsche oder die Wallonenfrischschmiede eingeführt sind, in den Kleineisenfeuern bereitet werden.

Die Bereitung des Klein- und des Feineisens mag unter Hämmern oder unter Walzwerken geschehen, so unterscheidet man doch immer Quadrateisen, flaches Eisen, Rundeisen und Façoneisen. Was unter den 3 ersten Eisensorten zu verstehen ist, geht schon aus der Bemerkung hervor. Das Façoneisen kann im Querschnitt sehr verschiedenartige Flächen zeigen, wie es der Be-

stimmung, die das Eisen erhalten soll, angemessen ist. Solches Eisen wird gewöhnlich nur auf besondere Bestellungen angefertigt.

In den königl. preußischen, so wie in den meisten deutschen Staaten überhaupt sind die Dimensionen, nach welchen die Eisenstäbe in den Frischhütten, von den Frischern, unter dem Hammer geschmiedet, abgeliefert werden müssen, folgende:

Für das Quadrateisen: 4 Zoll, $3\frac{1}{2}$, 3, $2\frac{7}{8}$, $2\frac{3}{4}$, $2\frac{5}{8}$, $2\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{4}$, $1\frac{7}{8}$, $1\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{7}{8}$, $\frac{3}{4}$ und $\frac{5}{8}$ Zoll. Schwächeres Quadrateisen als das von $\frac{5}{8}$ Zoll, sind die Frischer nicht verpflichtet abzuliefern, und die feineren Sorten werden unter leichteren Hämmern ausgereckt.

Für das flache Eisen: 6 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll stark, $5\frac{1}{2}$ breit und $\frac{1}{2}$ stark, 5 breit und $\frac{1}{2}$ stark, 4 breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $3\frac{1}{2}$ breit und $\frac{1}{2}$ stark, 3 breit und $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{7}{8}$ breit und $\frac{3}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{3}{4}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{1}{2}$ breit und $\frac{3}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{1}{4}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{1}{8}$ breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, 2 breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{7}{8}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{3}{4}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{5}{8}$ breit und $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{1}{2}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{3}{8}$ breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, und $1\frac{1}{8}$ Zoll breit und $\frac{3}{8}$ Zoll stark. Ferner 3″ bis $1\frac{1}{2}$″ breit und $\frac{3}{16}$″ stark (Reifeneisen) und endlich $1\frac{3}{8}$″ bis 1″ breite und $\frac{3}{16}$″ starke, so wie auch $\frac{7}{8}$″ bis $\frac{3}{4}$″ breite und $\frac{1}{4}$″ starke Stäbe. Diese letzten Sorten führen den Namen Hufstabeisen.

Je feiner die Sorten sind, welche von dem Frischer verlangt werden, desto größer ist nicht allein der zum Schmieden nöthige Zeitaufwand, folglich desto geringer die wöchentliche Production, weil das Einschmelzen des Roheisens durch die zum Ausschmieden erforderliche längere Zeit verzögert wird; sondern auch der Aufwand an Eisen und Kohlen, weil die feineren Eisensorten ein öfteres Wärmen der Kolben nothwendig machen.

Das Materialeisen für die feineren Eisensorten, welche unter leichten Hämmern ausgeschmiedet werden, besteht gewöhnlich aus 3 Fuß langen und $\frac{5}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll dicken Quadratstäben.

Man unterscheidet gewöhnlich drei Sorten von diesem feinern Eisen. Im nördlichen Deutschland finden dabei gewöhnlich folgende Dimensionen statt:

Ordinaires Bandeisen. Das flache Eisen von $\frac{7}{8}$″ bis $\frac{5}{8}$″ breit und $\frac{1}{4}$″ bis $\frac{1}{8}$″ stark; so wie von 3″ bis $\frac{3}{4}$″ breit und $\frac{1}{8}$″ stark.

Feines Bandeisen. Von 3″ bis $\frac{1}{2}$″ breit und $\frac{1}{12}$″ bis $\frac{1}{16}$″ stark.

Ordinaires. Das $\frac{1}{2}$zöllige Quadrateisen und das Rundeisen von $\frac{5}{8}''$ bis $\frac{1}{2}''$ im Durchmesser.

Feines Reckeisen. Quadratstäbe von $\frac{7}{16}''$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll. Rundeisen von $\frac{7}{16}''$ bis $\frac{1}{4}''$ im Durchmesser.

Diese Dimensionen gelten sowohl für das unter dem Hammer geschmiedete, als für das unter den Feineisenwalzwerken ausgestreckte Eisen.

Alle feineren Eisensorten werden in Gebunden eingebunden, das zum Bande dienende Eisen aber mit gewogen. Mit dem Gewicht eines solchen Gebundes richtet man sich nach dem Gebrauch und nach der Sitte des Landes.

2) Stabeisen aus Holzkohlenroheisen und durch den Herdfrischproceß dargestellt, aber mit dem Walzwerk bearbeitet. Dieses Eisen unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur dadurch, daß man die Hämmer durch Walzwerke ersetzt hat.

Man kann sie in zwei Abtheilungen bringen, nämlich: in Eisen, welches mit Holzkohlen oder mit Holz, und in solches, welches mit Steinkohlen geglüht worden ist.

In beiden Fällen ist die Qualität des Eisens im Wesentlichen dieselbe, obgleich das erstere stets etwas mehr Werth hat.

In Deutschland giebt es sehr viele Hütten, welche Stabeisen aus Holzkohlen-Roheisen durch den gewöhnlichen Frischproceß erzeugen, es unter dem Hammer zängen und zu Kolben ausschmieden, und diese Kolben alsdann mittelst Walzwerken zu den gröbern und feinern Stabeisensorten, die wir schon vorhergehend näher bezeichnet haben, auswalzen.

Das Eisen dieser Art wird außerdem auch noch zu Schneideisen, zu Draht und zu Blech verarbeitet. Auch gehören hierher noch manche geformte Eisensorten, als sechskantiges, achtkantiges, das Winkeleisen zur Anfertigung der Dampfkessel ꝛc., von denen wir jedoch im Verfolg des Werkes näher reden werden.

Was nun die Drahtsorten anbetrifft, so hat fast jede Drahthütte, für die verschiedenen, welche sie anfertigt, eigenthümliche Benennungen. Dadurch wird die Vergleichung der Dicke der Drahtsorten aus den verschiedenen Drahtfabriken ganz unmöglich; sie kann nicht anders als durch unmittelbares Nachmessen oder Kalibriren angestellt werden. Sehr wünschenswerth wäre es, die Drahtsorten bloß mit fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, und jeder Nummer auf allen Drahthütten eine gleiche Dicke zuzutheilen. Fabriken, die besseres und zäheres Eisen verarbeiten,

würden dann zwar eine größere Anzahl von Drahtnummern haben, weil sie feinere Drahte liefern können, als die Hütten, welche mürberes Eisen zu verarbeiten genöthigt sind; allein die gleichnamigen Drahtnummern würden dann wenigstens auf allen Fabriken eine gleiche Dicke haben.

Die Benennungen: Ketten, Schlappen, Rinken, Malgen, Memel, Klink, Natel; oder Kupferschmiedendraht, Kesseldraht, Glaserdraht, Drechslerdraht, Riemerdraht, Leuchterdraht für die gröberen; ferner Mitteldraht, Schilling, Riggen oder Band; oder Hackendraht, Schleppdraht, Dorndraht, Mauschelbraht, Feuerzangendraht, Böhm, Schlingendraht für die mittleren, und Stahlen, Garinge, Hohl; oder ein, zwei, drei u. s. f. Blei für die feinsten Drahtsorten, welche Benennungen in den verschiedenen Provinzen schon so sehr das Bürgerrecht erlangt haben, daß sie nicht füglich abgeschafft werden können, mögen immer beibehalten werden, allein durch die Bezeichnung mit fortlaufenden Nummern würde auch zugleich die Stärke oder die Dicke des Drahts angegeben werden können, wenn jeder Nummer ein bestimmter Durchmesser, in Hunderttheilen eines rheinländischen Zolles ausgedrückt, zugetheilt würde.

Das Eisenblech, welches bei der Maschinenfabrikation benutzt wird, zerfällt in starkes und schwaches. Das starke Blech wird zur Anfertigung der Dampfkessel angewendet, und seine Dicke beträgt $1\frac{3}{4}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$, 4, 5, 6 und 7 Millimeter; die Länge dieser starken Blechtafeln beläuft sich auf 3 bis 10 Fuß, seine Breite 1 bis 5 Fuß.

Das Weißblech oder das verzinnte Blech kommt nur in kleinern und dünnern Tafeln vor, und wird zu mannichfachen Gegenständen des Maschinenbaues gebraucht.

3) Stabeisen aus Holzkohlenroheisen im Puddelofen dargestellt und ausgeschmiedet. Eisen dieser Art findet man in Deutschland nur wenig, wogegen diese Productionsmethode in der Champagne die gewöhnlichste ist. Uebrigens wird es auf dieselbe Weise classificirt wie die vorhergehenden Arten.

4) Stabeisen aus Holzkohlenroheisen, durch den Puddelproceß dargestellt und ausgewalzt. Das Eisen dieser Art ist jetzt häufig in Deutschland, hauptsächlich in den Rheinlanden und wird sehr viel in der Maschinenfabrikation verwendet.

Der Puddelproceß gestattet unter allen Umständen eine rasche

und bedeutende Production, und wenn die Bearbeitung unter dem Walzwerk mit Sorgfalt ausgeführt wird, so hat sie wesentliche Vorzüge vor dem Ausschmieden, ohne einen wesentlich nachtheiligen Einfluß auf die Qualität des Eisens zu äußern.

Die Classification dieses Eisens und seine Dimensionen sind ganz dieselben, wie sie weiter oben aufgezählt werden, weßhalb wir hier nichts weiter darüber sagen.

5) Stabeisen aus Koaksroheisen, im Puddelofen und mittelst Walzwerken erzeugt. Obgleich dieses Eisen von geringerer Qualität ist, als die vorhergehenden Sorten, so wird es doch jetzt sehr häufig in der Maschinenfabrikation, besonders zu starken Stücken verwendet; denn nicht allein giebt es schon jetzt in einigen Provinzen Deutschlands, besonders in Oberschlesien und in den Rheinlanden viele Hütten, die sich nur der mineralischen Brennstoffe bedienen, sondern es wird auch viel Eisen dieser Art aus Belgien und England nach Deutschland eingeführt.

§. 5. Verbindungen des Eisens mit der Kohle.

Das Eisen bildet mit der Kohle oder dem Kohlenstoff verschiedene Verbindungen oder Gemenge, deren Verwendung bei dem Maschinenbau von der größten Wichtigkeit ist. Diese Verbindungen unterscheiden sich unter einander nur durch das Verhältniß des Kohlenstoffs und einiger stets zufällig vorhandener fremdartiger Substanzen, und zerfallen in zwei große Abtheilungen, nämlich: 1) in den Stahl; 2) in das Roheisen.

Der hauptsächliche Unterschied zwischen Roheisen und Stahl besteht darin, daß der letztere sich in Beziehung auf seine Unschmelzbarkeit und seine Bearbeitung dem Stabeisen nähert, während das Roheisen in einer weit weniger hohen Temperatur schmelzbar ist.

Erste Classe. Stahl.

Als Grundtypus des Stahls sieht man eine Verbindung von reinem Eisen und reinem Kohlenstoff in folgenden Verhältnissen an:

99	Eisen
1	Kohlenstoff
100	Stahl.

Diese Verbindung ist nicht ganz bestimmt, und je nachdem die Kohlenstoffmenge geringer oder größer ist, nähern sich die Eigenschaften der Substanz entweder mehr denen des Stabeisens,

oder denen des Roheisens; es rührt dies daher, weil man nicht weiß, ob es eine Verbindung, oder nur ein Gemenge ist.

Bei den hier mitgetheilten Verhältnissen hat der Stahl fast das äußere Ansehen des Eisens, allein er ist weit härter, selbst nachdem er geglüht und langsam abgekühlt worden ist. Er ist graulich weiß, hat einen vollkommen ebenen Bruch, einen metallischen Glanz, eine gleichartig feinkörnige Textur und seine mittlere Dichtigkeit ist 7,8.

Rothglühend gemacht und dann plötzlich ins Wasser getaucht, erlangt der Stahl eine außerordentliche Härte; er ist in diesem Fall weit spröder und weit weniger dicht als vorher. Man nennt diese Operation das Härten.

Je nach den Localitäten, woher man das Material zieht, so wie nach der Art und Weise der Behandlung dieses Materials erhält man sehr verschiedene Arten desselben. Die den Stahl hauptsächlich verunreinigenden Substanzen sind: Kiesel, kieselige Gläser, Eisenoxyd, verschiedene Metalle, Schwefel, Phosphor und phosphorsaure Verbindungen.

Die Wirkung dieser Stoffe besteht, außer in einer Veränderung gewisser Eigenschaften des Stahls, darin, daß sie ihm eine größere Härte ertheilen.

Im Handel unterscheidet man die nachstehenden 5 Hauptsorten des Stahls, welche hier nach ihrer Härte classificirt sind: 1) Cementstahl; 2) Roh- oder Schmelzstahl; 3) wilder Stahl; 4) Gußstahl; 5) Wootz.

Bereitung dieser verschiedenen Stahlarten.

1) Cement- oder Brennstahl. Der Cementstahl wird dadurch bereitet, daß man Flacheisenstäbe eine gewisse Zeit lang, in einer Umgebung von Kohlenpulver, und gegen die Berührung der Luft geschützt, in Kasten von gebranntem Thon einschließt, die einer möglichst anhaltenden Rothglühhitze ausgesetzt werden. Das, was während des Processes vor sich geht, ist noch ein Geheimniß; zu der Zeit, als die Herren Laurent und Leplet ihre Theorie von dem Verfrischen der Metalle mittheilten, eine Theorie, nach welcher eine gewisse Kohlensäuremenge in Berührung mit der Kohle, Kohlenoxyd würde, während eine andere Menge von Kohlenoxyd, in Berührung mit dem Eisen, sich in Kohlensäure verwandle, hat man es versucht, Kreide auf dem Boden der Cementirkästen zu bringen, um eine größere Kohlensäuremenge zu entwickeln, und um die Cementation zu beschleunigen. Man glaubte bessere Resultate zu erhalten, allein heutiges Tages hat man eine

neue Theorie aufgestellt, nach welcher man annimmt, daß die Kohlung des Eisens durch das gekohlte Wasserstoff und nicht durch das Kohlenoxyd hervorgebracht worden ist. Diese letztere Theorie verdient dadurch den Vorzug, daß die Erfahrung seit langer Zeit bewiesen hat, daß die Cementation weit besser mit thierischer, als mit Pflanzenkohle bewirkt wird. Nun hält aber thierische Kohle, wenn sie nicht mit der größten Sorgfalt gebrannt worden ist, stets einige unzersetzte Theile zurück, die bei einer neuen Verbrennung gekohltes Wasserstoff zurückbehalten. Das, was uns bei der Cementation durch das Kohlenoxyd schwierig annehmbar zu sein scheint, besteht darin, daß die mit Kohlenstaub angefüllten Kästen eine hinreichende Sauerstoffmenge aus der Luft enthalten sollten, um die Cementation auf die wirksame Weise zu betreiben, wie es wirklich der Fall ist.

Die Cementation der Stäbe wird von der äußern Oberfläche nach der Mitte zu bemerkt, woraus folgt, daß unter einem gegebenen Querschnitt, die Zusammensetzung veränderlich und um so eisenhaltiger ist, je näher der betrachtete Punkt nach der Mitte zu liegt. Es ist dies ein Mangel des Cementstahles; bei seiner Anwendung muß man daher dafür sorgen, daß er eine Zeit lang warm geschmiedet wird, um ihm eine größere Gleichförmigkeit zu geben.

Je reiner das Eisen ist, um so weicher ist der daraus dargestellte Cementstahl; enthält das Eisen Mangan, so erfolgt daraus ein fester und elastischer Stahl, der zu Federn und schneidenden Instrumenten sehr zweckmäßig ist. Der englische Brennstahl, der aus dem besten schwedischen Eisen dargestellt wird, verdankt seine große Elasticität nur dem Mangan, welches Metall dieses Eisen mehr oder weniger enthält.

Der Cementstahl läßt sich sehr gut schmieden und schweißen, sowohl mit sich selbst, als auch mit Eisen, allein er ist zuweilen schiefrig. Um diesen Mangel zu vermeiden, unterwirft man ihn, bei mancherlei Anwendungen, einer zweiten Cementation, vor welcher man ihn recht oft sorgfältig unter dem Hammer raffinirt, d. h. ausschweißt und ausschmiedet.

Das Härten. Man unterscheidet zwei Arten des Härtens bei dem Cementstahl:

Die erste Art besteht darin, ihn in einem Schmiedefeuer rothglühend zu machen, und alsdann im Wasser abzulöschen. Dieses Verfahren hat das Nachtheilige, seine Härte zu vermindern,

und ihm einen Theil des Kohlenstoffgehalts zu nehmen, indem dagegen die Eisenoxydmenge zunimmt.

Die zweite Art der Härtung nennt man die Insatzhärtung; sie besteht darin, den Stahl in einem blechenen Cylinder mit Kohlenstaub zu umgeben und dann der Glühhitze auszusetzen, so daß er gegen die Einwirkung der Luft geschützt ist, worauf er, wie bei dem erstern Verfahren, ins kalte Wasser untergetaucht wird.

Dieser Stahl wird zur Fabrikation der Feilen und anderer Werkzeuge benutzt. Auch dient er zum Verstahlen der Hammerbahnen, der Meißelschärfen und der Amboßbahnen. Seine mittlere Zusammensetzung ist die folgende:

Kohlenstoff	0,75
Silicium	0,15
Mangan, Schwefel oder Phosphor .	0,40
Eisen	98,70
	100,00

Schmelzstahl oder Rohstahl. Es ist dies eine Verbindung des Eisens, der Kohle und kieseliger Gläser, welche von den Hohofenschlacken herrühren. Dieser Stahl ist weit härter, als der vorhergehende, allein die Bestandtheile sind weniger genau mit einander vermengt. Man kann ihn entweder unmittelbar aus den Eisenerzen darstellen, wie es hin und wieder in den Pyrenäen und auf Corsica geschieht, oder, und dies ist bei weitem der häufigste Fall, aus Roheisen, welches bei Holzkohlen oder Koaks erblasen worden ist, durch einen Frischproceß.

Der auf die erste Weise dargestellte Stahl ist weit weniger rein, als der aus Roheisen gefrischte; er enthält Eisen eingemengt, welches von einer zu schnellen Reduction des Eisens herrührt.

Das Frischen verändert die Textur und die Bruchfarbe dieses Stahls; die Härtung vermindert seine Sprödigkeit; er läßt sich gut schmieden und schweißen, und da er wohlfeiler ist als alle übrigen Stahlarten, so wird er namentlich in Deutschland, wo seine Production sehr bedeutend ist, so wie auch in Frankreich, weit häufiger angewendet, als jeder andere Stahl. Seine Zusammensetzung ist dieselbe, wie die des Cementstahls, nur enthält er etwas mehr Silicat.

3) Der wilde Stahl ist eine Abänderung des Rohstahls, und wird nur fast allein zu dem Draht-Zieheisen angewendet; er ist außerordentlich hart, nicht schweißbar und läßt sich auch nicht

hämmern. — Der Rohstahl wird in den meisten Fällen raffinirt angewendet.

4) Gußstahl. Der Gußstahl ist eine Verbindung von Eisen, Kohle und Kiesel in höheren Verhältnissen, als bei dem Rohstahl. Wenn die Bestandtheile in einem richtigen Verhältnisse stehen, so kann das Gemenge schmelzen. Will man ein recht gleichartiges Material anwenden, so ist dieser Stahl der geeignetste; er ist hart und schwer schmiedbar, und läßt sich ebenfalls auch nur schwierig schweißen, hauptsächlich mit dem Eisen. Man macht sehr dauerhafte Schneidinstrumente davon, ohne daß man nöthig hätte, ihn in einer hohen Temperatur zu härten.

Man kann ihn darstellen, wenn man reines Eisen, Glas und kohlensauren Kalk, in einem mit einem Kohlenfutter versehenen Tiegel schmilzt. Die Einwirkung des kohlensauren Kalkes ist dieselbe, wie bei dem Brennstahl; nur schmilzt hier der zurückbleibende Kalk, und vermengt sich mit den Silicaten.

Man gebraucht den Gußstahl zur Anfertigung von Meißeln, von Zieheisen, von Walzen für die Gold- und Silberarbeiter und zu feinen Schneidinstrumenten.

5) Der Wootz-Stahl. Es ist dies eine Verbindung von Eisen, Kohle und Kiesel, welche jedoch nur in Indien dargestellt wird. Dieser Stahl ist schmelzbar und außerordentlich hart; es ist der Kiesel, der ihm diese beiden Eigenschaften mittheilt; er wird durch das Schmieden weniger verdorben, als der übrige Stahl, weßhalb man ihn auch im Gemenge mit Eisen sehr gern zu Damascenerklingen verbraucht. In diesem Gemenge, bestehend aus verschiedenen Streifen von Eisen und Stahl, dem sogenannten Damast, gewährt der Stahl die Härte und das Eisen die Zähigkeit.

Zweite Classe. Roheisen.

In chemischer Beziehung ist das Roheisen darin von dem Stahl verschieden, daß es stets wenigstens 2 Procent Kohlenstoff enthält.

Die Verhältnisse dieses letztern Elementes in dem Roheisen haben einen großen Einfluß auf seine Eigenschaften; je mehr es darin vorhanden ist, je besser läßt sich das rohe Eisen mit dem Meißel und mit der Feile bearbeiten, und eine um so dunklere Farbe hat der Bruch. Die Dichtigkeit des Roheisens ist verschieden; das am häufigsten beim Maschinenbau angewendete, das kohlenstoffreichste, welches 5 bis 6 Procent davon enthält, hat eine Dichtigkeit von 7,2 bis 7,6.

Die am häufigsten in dem Roheisen vorkommenden fremdartigen Substanzen sind die folgenden:

Silicium	1,5	in 1000 Roheisen.
Aluminium	3,	desgl.
Mangan	1,	desgl.
Phosphor	2,	desgl.
Schwefel	2,	desgl.

Diese Substanzen können entweder zusammen, oder nur einige davon auf einmal vorkommen. Nach der Beschaffenheit und der Menge dieser Substanzen ist die Beschaffenheit des Roheisens verschieden.

Silicium und Aluminium gelangen als Thonerdesilacat durch die Hohofenschlacken, mit denen das Roheisen in Berührung steht, in dies letztere. Diese Substanzen machen zwar das Eisen leichtflüssiger, aber auch spröder.

Das Mangan, welches aus dem Erz in das Roheisen gelangt, veranlaßt dessen Krystallisirbarkeit in großen tetraedrischen Krystallen, allein es kommt nur dann vor, wenn der Kiesel nicht vorherrscht. Uebrigens hat das Mangan nur für das zu verfrischende Roheisen Nutzen, allein gar keinen für das Gußeisen.

Der Schwefel und der Phosphor haben weit weniger Einfluß auf die Beschaffenheit des Gußeisens, als auf die des Stabeisens. Ihre Einwirkung ist der der Schlacken gleich.

Das Roheisen ist in der Luft nicht so leicht oxydirbar, als das Stabeisen; es hat nicht in demselben Maß, wie das letztere, die zerstörenden Agentien zu fürchten, mit denen die Metalle bei den Maschinen in Berührung stehen; die gesäuerten oder vitriolischen und das Meereswasser geben oft die Veranlassung, statt des Gußeisens Kupfer, als Blech, oder in Legirung mit dem Zink oder Zinn, als Messing oder Bronze anzuwenden.

Man unterscheidet bei dem Roheisen: weißes, halbirtes, aus weißem und grauem in gefleckter oder gestreifter Textur, bestehend, graues Roheisen, schwarzes.

Das weiße Roheisen ist dasjenige mit dem wenigsten Kohlengehalt; wegen seiner Härte nähert es sich dem Stahl, allein es ist sehr spröde und läßt sich nur schwer bearbeiten. Zum Gießerei-Betriebe wird es gar nicht, sondern nur bei der Stabeisen-Fabrikation angewendet, und hat daher bei dem Maschinenbau gar keinen Werth.

Das halbirte Roheisen besteht aus solchen Varietäten, bei denen die Krystallisation zu plötzlich, oder das Gemenge nicht

gehörig bewirkt worden ist; entweder hat es einen weißen Grund mit grauen Flecken, oder einen grauen Grund mit weißen Flecken. Diese Roheisen-Sorte wird gewöhnlich nicht expreß erzeugt, allein wenn man in den Gießereien Maschinenstücke daraus gegossen hat, die alsdann weiter verarbeitet werden sollen, so verwirft man dieselben nicht, da besonders das weißgefleckte sich recht gut verarbeiten läßt.

Das graue Roheisen oder das eigentliche Gußeisen, kann in hartes und in weiches getheilt werden. Letzteres wird vorzugsweise beim Maschinenbau angewendet. Seine Schmelzbarkeit ist etwas höher als die des weißen Roheisens; sein Bruch ist körnig, es ist etwas dehnbar und elastisch, läßt sich leicht mit dem Meißel und der Feile bearbeiten, und man kann es mehrmals umschmelzen, ohne daß es diese Eigenschaften verliert, vorausgesetzt, daß man es gegen die Einwirkungen der Luft schützt und langsam erkalten läßt. Wird graues Roheisen nach dem Abstich plötzlich abgekühlt, so wird es weiß. Diese Eigenschaft, welche in gewissen Fällen sehr nachtheilig ist, gewährt in andern dagegen Vortheile; so gießt man es in gußeiserne Formen oder Schalen, bei denen nämlich der Formsand durch gußeiserne, kalte Wände ersetzt ist, wodurch das eingegossene Roheisen weiß gemacht wird, und zwar um eine so bedeutendere Dicke von der Oberfläche aus, je stärker die Schaale oder gußeiserne Form selbst ist. Bringt man das durch plötzliche Abkühlung weiß gewordene Roheisen in den Ofen zurück, sticht es ab und läßt es langsam erkalten, so wird es wieder grau.

Man hat die Bemerkung gemacht, daß wenn man das Roheisen unbedeckt oder offen absticht, es um so besser ist, je gewölbter oder convexer seine Oberfläche erscheint.

Häufig ist es auch zweckmäßig, verschiedene Sorten von Roheisen mit einander zu vermengen, um daraus die zum Vergießen zweckmäßige Qualität erlangen zu können.

Das schwarze Roheisen, welches am meisten Kohle enthält, hat nur eine Dichtigkeit von 6,8; seine Eigenschaften sind die des dunkelgrauen Roheisens, d. h. es ist so weich, daß es sehr leicht zerbröckelt, und hat eine so bedeutende Porosität, daß es ihm gänzlich an Haltbarkeit fehlt; kurz, es ist ein schlechtes Roheisen, welches aber sehr leicht verbessert werden kann, wenn man einen Zusatz von hartem grauen Roheisen macht.

Kupfer.

§. 1. Allgemeine Eigenschaften.

1) Physikalische Beschaffenheit. — Das Kupfer bleibt bis zu einer sehr hohen Temperatur fest; man nimmt an, daß es bei 27° des Wedgwood'schen Pyrometers schmilzt. Läßt man es im geschmolzenen Zustande ruhig stehen, so krystallisirt es in Hexaëdern oder Oktaëdern; erhöht man dagegen die Temperatur noch mehr, so entstehen Dämpfe, welche in Berührung mit einer Flamme, ihm eine schöne grüne Farbe geben, deren Stärke Veranlassung zu der Annahme geben könnte, daß das Metall sehr flüchtig sei. Jedoch ist dies nicht der Fall, denn es folgt aus einem Versuch des Herrn Berthier, daß Kupfer, welches in einem mit Kohle ausgefutterten Tiegel der starken Hitze des Porzellanofens zu Sèvres unterworfen wurde, nur $\frac{1}{2}$ Procent Verlust gab.

2) Farbe, Geruch, Geschmack. Das Kupfer hat eine glänzende braunrothe Farbe, welche ihm eigenthümlich ist; es hat auch außerdem einen Geruch und einen Geschmack, welche freilich nicht stark, aber unangenehm sind.

3) Dichtigkeit. Die Dichtigkeit des Kupfers ist nach der Beschaffenheit, in welcher es sich befindet, verschieden.

Kupferdraht hat eine Dichtigkeit von . . .	8,8785
Geschmolzenes Kupfer	8,7880
Geschlagenes Kupfer	8,8950

4) Dehnbarkeit. Wenn die Länge einer Stange von reinem Kupfer gleich 1 ist, so beträgt seine Längenausdehnung zwischen 0 und 100°:

Nach Lavoisier und Laplace in einer Mittelzahl . .	$\frac{1}{582}$
Nach Smeaton, geschlagenes Kupfer	$\frac{1}{588}$
Nach Troughton	$\frac{1}{521}$
Nach Dulong und Petit von 0 bis 100°	$\frac{1}{582}$
= = = = von 0 bis 300°	$\frac{1}{177}$

5) Zähigkeit. Nach dem Eisen ist das Kupfer das zäheste von allen Metallen. Wir theilen hier die verschiedenen Resultate mit, welche die über diese Eigenschaft gemachten Versuche ergeben haben.

Zustand des Metalles		Gew. in Kilogr., welches ein Quadratcentimeter des Querschnitts im Augenblick des Zerreißens zu tragen vermag.
Gehämmertes Kupfer	2486	
Gewalztes =	2110	
Geschmolzenes =	1339	

6) Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit. Das Kupfer ist härter als Gold und Silber, allein es hat nur geringen Klang. Es ist sehr dehnbar und besonders sehr geschmeidig. Es läßt sich zu sehr dünnem Blech ausschmieden und auswalzen, und zu sehr feinem Draht ausziehen; jedoch steht das Eisen in dieser Beziehung wegen seiner größern Zähigkeit noch über dem Kupfer.

7) Elektrische Beschaffenheit. Das Kupfer ist nebst dem Golde, dem Platin, dem Quecksilber und dem Silber elektropositiv; mit dem Zinn, dem Blei, dem Eisen und dem Zink ist es elektronegativ.

8) Chemische Einwirkung der Luft. Die trockne Luft greift das Kupfer nicht an; bei der feuchten ist die Einwirkung nur langsam; es bedeckt sich das Metall mit einer grünlich grauen Haut, welche ein wasserhaltiges, kohlensaures Oxyd zu sein scheint.

In Berührung mit der Luft geglüht, bedeckt es sich mit einer Oxydulschicht, welche sich durch Schläge ablösen läßt; bis zum Schmelzpunkt geglüht oxydirt es sich weit schneller. Vermengt man das Oxyd mit dem flüssigen Metall, so nimmt das letztere eine matte Farbe an, und verliert an Dehnbarkeit. Um diese Oxydbildung zu vermeiden, wenn man das Kupfer in Berührung mit der Luft schmilzt, bedeckt man es mit Kohlenstaub, welcher das Oxyd, indem es sich bildet, zersetzt.

9) Chemische Einwirkung des Wassers. Das Kupfer zersetzt das Wasser in keiner Temperatur, selbst nicht, wenn Säuren vorhanden sind.

10) Einwirkung der Säuren. Die Schwefelsäure greift das Kupfer nicht an, wohl aber sein Oxyd, weßhalb es ganz vortrefflich zum Reinigen dieses Metalles ist. Im concentrirten und siedenden Zustande wird die Säure durch das Kupfer in Sauerstoff zerlegt, welcher sich mit dem Kupfer verbindet, und in schwefligte Säure, welche sich verflüchtigt.

Die Chlorwasserstoffsäure greift im concentrirten Zustande das Kupfer an, wenn es sehr fein zertheilt ist, wie z. B. dann, wenn es durch das Eisen aus seinen Auflösungen gefällt worden ist.

Die Salpetersäure wird, wenn sie mit dem Kupfer in Berührung kommt, sehr rasch in Sauerstoff- und in Stickstoffoxyd versetzt, welche sich, indem es sich in Berührung mit der Luft in salpetrige Säure verwandelt, in röthliche, sehr unangenehme und sehr nachtheilige Dämpfe entwickelt.

11) Verwandtschaften. Schwefel, Phosphor und Arsenik sind Substanzen, für welche das Kupfer die größte Affinität hat. Es ist hinreichend, es in einer wenig hohen Temperatur, mit dem Schwefel in Berührung zu bringen, damit das Gemenge Feuer fange, und sich in Schwefelkupfer verwandle; ein fast gleiches Verhalten zeigt auch das Kupfer zu den beiden andern genannten Substanzen.

Bringt man geschmolzenes Kupfer mit Kohle in Berührung, so absorbirt es eine geringe Menge von dieser Substanz und wird hart und spröde; es ist daher sehr unzweckmäßig und nachtheilig, Kupfer in einem Kuppolofen umzuschmelzen.

12) Wichtige Legirungen. Das Kupfer bildet mehrere wichtige Legirungen mit dem Zink und dem Zinn als Basen, zu denen man bald Blei, oder auch Nickel hinzusetzt, wie wir weiter unten näher sehen werden, wo wir von diesen Legirungen, von denen das Messing und die Bronze eine sehr bedeutende Rolle in dem Maschinenbau spielen, näher reden.

§. 2. Beschaffenheit des im Handel vorkommenden Kupfers.

Das in dem Handel vorkommende Kupfer ist im Allgemeinen ziemlich rein, wenn wir berücksichtigen, daß die darin vorkommenden fremdartigen Substanzen, wie Kupferoxydul, Eisen, Kohle, Antimon und Blei, einen weit geringern Einfluß ausüben, als auf das Eisen.

Man bezeichnet im Handel das Kupfer mit dem Namen der Länder, in denen es gewonnen wird; man unterscheidet auf diese Weise:

Französisches Kupfer; — englisches Kupfer; — russisches Kupfer; — schwedisches Kupfer; — norwegisches Kupfer; — mannsfeldisches Kupfer; — böhmisches und ungarisches Kupfer; — peruanisches Kupfer; — mexikanisches Kupfer; — indisches Kupfer.

Das französische Kupfer wird zu Chessy und Saint-Bel im Rhone-Departement gewonnen; jedoch ist die Production dieser Gruben so gering, daß sie kaum für die Bedürfnisse der südlichen französischen Departements genügt. Das französische Kupfer ist sehr rein, sehr schön, leichtflüssig, dehnbar, elastisch, läßt sich leicht schmieden, leicht gießen, gut auswalzen und gut zu Draht ausziehen; es hat einen feinkörnigen und glänzenden Bruch.

Das englische Kupfer kommt hauptsächlich aus den Bergwerken im Cornwall und auf der Insel Anglesea. Es zerfällt in mehrere Sorten, von denen die erste alle Eigenschaften des

reinen Kupfers hat und zu jeder Anwendung benutzt werden kann, wogegen die zweite und die dritte Sorte nur ein schlecht gar gemachtes, trocknes, hartes und sprödes Metall darbieten.

Das russische Kupfer ist im Allgemeinen rein und im Handel gesucht. Man unterscheidet bei demselben das Kupfer von den Werken der Krone und das von Privatwerken, unter welchem das Kupfer von Paschkoff, von Gregori, von Nicolaus Demidoff, von Laval ꝛc. gesuchte Sorten sind.

Das schwedische Kupfer gehört ebenfalls zu dem besten; die besten Sorten halten den Vergleich mit allen übrigen aus, und die geringeren sind immer besser, als wie die schlechteren englischen. Es zeichnet sich dieses Kupfer im Allgemeinen durch eine lebhafte rothe Farbe aus, welche an den am meisten hervortretenden Theilen der Rosetten einen silbernen Reflex hat.

Das norwegische Kupfer steht, mit Ausnahme des Drontheimer, unter dem schwedischen, hat aber im Allgemeinen ebenfalls einen guten Ruf.

Das mannsfelder Kupfer hat in neuerer Zeit, seitdem zu seiner Entsilberung nicht mehr der Saigerproceß angewendet wird, wodurch es nothwendig bleihaltig werden mußte, ebenfalls einen bedeutenden Ruf erlangt. Dasselbe läßt sich von dem böhmischen und ungarischen Kupfer sagen. Das an verschiedenen andern Orten in Deutschland producirte Kupfer, z. B. am Harz, im Erzgebirge, in den Rheinprovinzen ꝛc., bildet nur einen so geringen Theil von der Kupferproduction, daß es für den Handel kaum namhaft gemacht werden kann.

Das peruanische Kupfer ist im Allgemeinen schwärzlich, eisenhaltig, schwefelig, spröde und brüchig. Es rührt dies wohl größtentheils von dem schlechten Verfahren her, welches bei dem Garmachen angewendet wird. Dies dürfte aber wohl in neuester Zeit sich verbessert haben, da man bei dem ganzen Kupferhüttenproceß jener Länder wesentliche Verbesserungen anzubringen gesucht hat.

Das mexikanische Kupfer ist noch schlechter als das vorhergehende, jedoch muß bei beiden Sorten noch ausdrücklich bemerkt werden, daß sie über England nach Europa kommen, daß sie dort nochmals gar gemacht und gewöhnlich als schlechtes englisches Kupfer verkauft werden.

Das aus der Levante, namentlich aus Japan zu uns kommende Kupfer ist im Allgemeinen sehr gut, jedoch lassen sich auch dabei mehrere Gattungen unterscheiden: z. B. Avista-Kupfer,

rothes Tokat-Kupfer, graues Tokat-Kupfer rc., von denen das letztere Eisen, Schwefel und Blei enthält, und daher eines nochmaligen Garmachens bedarf.

Zink.

Rein ist das Zink ein bläulich weißes, sehr glänzendes Metall, von einer blättrigen Textur und einem eigenthümlichen Geruch; es wird bei 374° C. flüssig, ist sehr flüchtig und destillirt schon in der starken Rothglühhitze. Langsam abgekühlt, oder wenn seine Dämpfe verdichtet werden, krystallisirt es. In der gewöhnlichen Temperatur wird es von der feuchten Luft angegriffen, und wird von einer weißen Schicht bedeckt, welche aus Zinkoxyd besteht; unter Zutritt der Luft erhitzt, oxydirt es sich leicht; rothglühend gemacht verbrennt es mit Flamme und verbreitet in der Atmosphäre einen weißen Dampf, der aus nichts anderm, als aus dem Oxyde besteht. Es zersetzt in der gewöhnlichen Temperatur, unter dem Einfluß der schwächsten Säuren, das Wasser.

Das in den Handel kommende Zink ist nicht ganz rein; die es verunreinigenden Substanzen sind gewöhnlich Kohle, Kupfer, Cadmium, Eisen, Mangan und Arsenik. Um es von allen diesen Substanzen zu reinigen, muß es einer Destillation unterworfen werden.

Der Verbrauch des Zinks in den Gewerben hat seit einigen Jahren außerordentlich zugenommen. Man benutzt es zum Dachdecken, im Haushalt zu mancherlei Geräthen, die außerdem aus Weißblech und Holz angefertigt werden; endlich wird es auch statt des Schwarzbleches zu Röhren, ferner auch zu Ornamenten beim Hausbau und bei der Zimmerverzierung, zu Statuen rc. verwendet. Wenn dies Metall auch zu manchen dieser Zwecke sehr brauchbar ist, so müssen wir doch auch auf der andern Seiten eingestehen, daß seine Brauchbarkeit in vielen Fällen bestritten werden kann.

Da das Metall sehr leicht oxydirt, so wird die Dachbedeckung, so werden Ornamente von demselben auch sehr leicht zerstört. Zu häuslichen Zwecken ist das Zink sogar häufig gefährlich, da es leicht von der feuchten Luft angegriffen wird, und da die Zinksalze, die sich gar nicht schwierig bilden, sämmtlich giftig sind.

Zinkbedachungen sind zwar leicht und gestatten leichte und flache Dachstühle, allein wie bei Bränden schützt es nicht nur nicht, sondern einmal heiß geworden, trägt es auch zur Beförderung der Feuersbrunst bei.

Eben so ist es auch sehr unzweckmäßig zu Essenröhren; denn

man kennt Fälle, bei denen solche Röhren durch den in Flammen gerathenen Ruß schmolzen und zu Feuersbrünsten Veranlassung gaben.

Zinn.

Rein ist das Zinn weiß, oxydirt sich nicht leicht, schmilzt bei 267° C. und verflüchtigt sich nicht leicht. Bei einer langsamen Abkühlung krystallisirt es in Rhomboedern. Beim Biegen knirscht (schreit) es desto stärker, je reiner es ist und bricht nicht leicht ab, weßhalb das Biegen eine gute Probe der Reinheit ist.

Wenn man geschmolzenes Zinn auf eine Fläche ausgießt, so zeigt es im reinen Zustande nach dem Erstarren einen hellen, spiegelartigen Glanz; nur wenn es unrein ist, eine matte, mehr graue Oberfläche. Bis nahe zum Schmelzen erhitzt, wird das Zinn spröde; erhitzt man daher ein größeres Stück, bis es an den Kanten abzutropfen anfängt, und schlägt dann schnell und kräftig mit dem Hammer darauf, so zerfällt es in Theile, deren Bruchflächen ausgezeichnet faserig sind.

Man kann diese Methode anwenden, um dicke Zinnstücke zu zertheilen. Reines Zinn hat ein specifisches Gewicht von 7,29, welches durch Hämmern und Walzen nur unbedeutend vergrößert wird. Das käufliche Zinn enthält öfters Antimon und sehr wenig Arsenik, wodurch sein specifisches Gewicht bis auf 7,05 sinken kann; oder Eisen, Kupfer, Wismuth, Blei; wodurch es bis zu 7,58 steigt. Danach kann ein Kubikfuß Zinn 375 bis 400 Pfund wiegen. Sehr gering ist die absolute Festigkeit des Zinns, welche bei gegossenem Metalle 2900 bis 5300, bei Draht 4600 bis 6000 Pfund für den Quadratzoll beträgt.

Das Zinn wird, seiner Kostspieligkeit wegen, sehr gewöhnlich mit Blei vermischt verarbeitet. Es wird durch diesen Zusatz specifisch schwerer und (wenn das Blei weniger als das Doppelte von der Menge des Zinns beträgt) zugleich schmelzbarer, wie man aus folgender Uebersicht abnehmen kann:

Zinn, Theile.		Blei, Theile.	Schmelzhitze.	Specif. Gewicht.
6	mit	1 . .	155° R.	—
4	=	1 . .	149 =	—
3	=	1 . .	144 =	7,994
2	=	1 . .	137 =	8,267
1	=	1 . .	151 =	8,864
1	=	2 . .	183 =	9,554
1	=	4 . .	207 =	—

Das mit Blei legirte Zinn eignet sich besser zum Gießen als

reines Zinn, weil jenes die Formen genauer ausfüllt; aber es verliert durch die Vermischung seine schöne weiße Farbe, läuft an der Luft an, wird weicher, und, wenn es viel Blei enthält, bei der Anwendung zu Speisegeräthen, der Gesundheit nachtheilig. Daher ist durch gesetzliche Vorschriften wohl nirgend ein größerer Bleizusatz bei der Verarbeitung gestattet, als ein Drittel des Zinngewichtes. Man unterscheidet:

Vierstämpliges Zinn,	aus	32	Th.	Zinn	und	1	Th. Blei.
Dreistämpliges	=	5	=	=	=	1	= =
Fünfpfündiges	=	4	=	=	=	1	= =
Vierpfündiges	=	3	=	=	=	1	= =
Zweistämpliges (dreipfündiges)	=	2	=	=	=	1	= =
Zweipfündiges	=	1	=	=	=	1	= =

Blei.

Die am meisten charakteristischen Eigenschaften dieses Metalles, nämlich seine lichtgraue Farbe, seine große Weichheit und sein bedeutendes specifisches Gewicht sind hinlänglich bekannt. Frisch geschabte oder geschnittene Oberflächen zeigen einen sehr starken Glanz, der sich aber durch den Einfluß der Luft bald verliert. An Härte steht das Blei allen anderen, in den mechanischen Gewerben verarbeiteten Metallen nach; es läßt sich leicht biegen, mit dem Messer schneiden, nimmt selbst von dem Fingernagel Eindrücke an, und färbt, auf Papier oder an den Händen gerieben, ziemlich stark ab. Durch Bearbeitung nimmt die Härte nicht merklich zu. Das specifische Gewicht wird verschieden angegeben, von 11,2 bis 11,445; letztere Zahl ist die wahrscheinlichere, denn das käufliche, durch Verunreinigung mit andern Metallen stets etwas leichtere Blei hat ein specifisches Gewicht von 11,33 bis 11,37. Daher wiegt ein Kubikfuß Blei 600 bis 610 Pfund. Auf den Bruchflächen zeigt das Blei ein gleichartiges, wie geschmolzenes Ansehen. Es ist unter den gewöhnlichen Umständen sehr dehnbar, so daß es erst nach sehr oftmaligem Hin- und Herbiegen abbricht, und sich mit der größten Leichtigkeit hämmern und zu dünnen Blättern auswalzen läßt. Bis nahe zum Schmelzen erhitzt, wird es aber, gleich dem Zinn, so spröde, daß es durch starke Hammerschläge, oder heftig gegen den harten Fußboden geschleudert, in Stücke bricht, welche auf dem Bruche ein krystallinisch-faseriges Gefüge zeigen. Gefeilt kann das Blei nicht ohne Unbequemlichkeit werden, weil die Feilspäne durch ihre Weichheit sich in die Vertiefungen der Feile hineinschmieren, und dieselben verstopfen.

Raspeln greifen besser an. Die Arbeiter nennen Metalle, welche ein solches Verhalten zeigen (wie auch das Zinn und Zink), pelzig. Die absolute Festigkeit des Bleies ist sehr unbedeutend; man hat sie, für einen Quadratzoll, bei gegossenem Blei 800 (?) bis 1600 Pfund, bei Draht 1700 bis 2950, bei gewalzten Platten 1060 bis 2200 Pfund gefunden. Die Schmelzhitze des Bleies fällt auf 258° R., also noch vor dem Glühen. Schon beim Liegen an der Luft oxydirt sich das Blei, und überzieht sich mit einer dünnen grauen Kruste (Bleisuboxyd), welche allmählich noch mehr Sauerstoff und überdies Kohlensäure aufnimmt, und zu einem weißen, pulverigen, lose anhängenden Ueberzuge von kohlensaurem Bleioxyde wird. Viel schneller erfolgt die Oxydation beim Schmelzen unter Luftzutritt, wobei das Metall anfangs mit einer feinen, Regenbogenfarben spielenden Haut, hernach aber mit einer grauen Kruste von Suboxyd (Bleiasche) sich bedeckt. Die Bleiasche wird durch Glühen nach und nach zu gelbem Bleioxyd (Bleigelb, Massikot, Neugelb, Königsgelb), und dieses bei anhaltend fortgesetzter schwacher Glühhitze zu rothem Bleioxyd (Mennige). In dem gelben Bleioxyde sind 92,8 Procent, im rothen 89,6 Procent Blei enthalten.

Die Bleioxyde schmelzen in mäßig starker Rothglühhitze, werden sehr dünnflüssig, greifen die irdenen Schmelzgefäße sehr stark an, und durchdringen sie. Die Glätte oder Bleiglätte (Gold- und Silberglätte) ist ein halbgeschmolzenes Bleioxyd. In starker Glühhitze verdampft das Blei, und die Dämpfe verwandeln sich zugleich durch den Einfluß der Luft in Bleioxyd.

Das meiste käufliche Blei ist mehr oder weniger (zu 1 bis 2 Procent) mit fremden Metallen verunreinigt. Sehr oft enthält es eine ganz kleine Menge Silber; gewöhnliche Verunreinigungen sind Kupfer und Antimon, seltener Zink und Arsenik, noch seltener Eisen. Diese Beimischungen verringern das specifische Gewicht und zum Theil in etwas die Dehnbarkeit, vermehren aber die Härte und größtentheils auch die Festigkeit. Sehr häufig ist dem Blei eine kleine Quantität Bleisuboxyd beigemengt, namentlich wenn es öfter unter Luftzutritt umgeschmolzen wurde, und auch hierdurch wird seine Härte und Festigkeit vergrößert. Ein aus antimonhaltigen Erzen abgeschiedenes, stark antimonhaltiges Blei ist das sogenannte Hartblei. Die Eigenschaft des Bleies, durch Zusatz von wenig Antimon viel härter zu werden, benutzt man bei der Zusammensetzung des Schriftgießer-Metalles. Eine

solche Mischung, aus 16 Theilen Blei und 1 Theil Antimon, soll ihren Schmelzpunkt schon bei 211° R. haben.

Legirungen des Kupfers.

§. 1. Kupfer und Kalium.

Das Kalium, ein außerordentlich oxydirbares Metall, indem es das Wasser plötzlich in der gewöhnlichen Temperatur, mit Flammenentwickelung zersetzt, leichtflüssig, flüchtig und sehr schwer reducirbar, wird im metallischen Zustande nur zu einer Legirung mit dem Kupfer benutzt. Die sehr geschmeidige Legirung des Kupfers mit Kalium wird dadurch hergestellt, indem man ein Gemenge von Kupfer und von doppeltweinsteinsaurem Kali, oder auch von Kupfer, Kohle und kohlensaurem Kali, in einem Tiegel zusammenschmilzt.

Dieses Kupfer ist ein vortreffliches Material zu Dampfkesseln und Leitungsröhren, indem es sich mit der größten Leichtigkeit bearbeiten läßt.

§. 2. Kupfer und Zink.

Gelbkupfer (Messing und Tombak). — Die Legirungen des Kupfers mit Zink bezeichnet man im Allgemeinen mit dem Namen Gelbkupfer. Diejenigen darunter, welche mehr Zink enthalten, und daher weniger von den Eigenschaften des reinen Kupfers besitzen, nennt man Messing; die mit einem kleinern Antheile Zink, welche sich minder auffallend vom Kupfer unterscheiden, heißen Tombak (rothes Messing, Rothguß).

Im Ganzen genommen hat das Gelbkupfer (wie der Name anzeigt) eine gelbe Farbe; allein diese ist nur bei einem gewissen Verhältnisse der Bestandtheile (bei dem eigentlichen Messing) rein hellgelb; sie geht bei steigendem Kupfergehalte ins Röthlichgelbe, Bräunlichgelbe und Bräunlichgelbrothe, dagegen mit zunehmender Menge des Zinks in das Blaßgelbe, Graugelbe und endlich gar in das völlig Graue über (wie z. B. bei dem leichtflüssigsten Messingschlagloth). Je größer die Menge des Kupfers wird, desto dehnbarer ist das Gemisch; ein bedeutenderer Gehalt an Zink macht dasselbe immer in gewissem Grade spröde. Die Gelbkupfer-Arten haben bei der technischen Anwendung vor dem reinen Kupfer den Vorzug der schönen Farbe, der größern Dauerhaftigkeit an der Luft (indem sie weniger anlaufen und nicht so leicht Grünspan bilden), der größern Härte, der leichtern Schmelzbarkeit, und der weit größern Tauglichkeit zu Gußwaaren (weil sie die Formen gut

füllen und dichte Güsse liefern). Dabei besitzen sie (wenn die Menge des Zinks nicht übermäßig ist) noch Dehnbarkeit genug, um sich zu dünnem Bleche und zu feinem Drahte verarbeiten zu lassen; doch sind sie nur im kalten Zustande dehnbar, glühend dagegen sehr spröde. Auch ist zu bemerken, daß gegossenes und nicht ferner bearbeitetes Messing selbst in der Kälte spröde ist und sich brechen läßt, während Blech und Draht (welche durch die Bearbeitung eine Veränderung ihres Gefüges erlitten haben) sehr biegsam und dehnbar sind, wenn ihnen nur die von der Bearbeitung erlangte Härte durch Glühen und Wiedererkalten genommen ist.

Das Tombak wird vorzugsweise angewendet, wo große Dehnbarkeit und eine röthere Farbe Haupterfordernisse sind (wie z. B. bei kleinen und feinen Arbeiten aus Blech oder Draht, und bei Gegenständen, welche vergoldet werden sollen, denn auf der rötheren Grundfarbe des Tombaks erhält die Vergoldung mehr Schönheit). Das Messing dagegen ist (weil es mehr von dem wohlfeilen Zink enthält) niedriger im Preise, und eignet sich besser zu Gußwaaren, so wie zu Gegenständen, welche Härte und Steifheit bedürfen (wie Blechgefäße, Stecknadeln &c.).

Die Menge des Zinks beträgt im gewöhnlichen Messing $27\frac{1}{2}$ bis 35 Procent, durchschnittlich also 30 Procent ungefähr, steigt aber in schlechtem Gußmessing oft bedeutend höher. Das Uebrige ist Kupfer, bis auf eine kleine Menge Zinn und Blei, welche sich fast immer vorfinden, das Zinn zu $\frac{1}{6}$ bis $\frac{4}{5}$ Procent, das Blei zu $\frac{1}{5}$ bis gegen 3 Procent. Das Zinn und Blei stammen leicht davon her, daß altes Kupfer oder Messing eingeschmolzen worden sind, an welchem sich Schnellloth befunden hat; außerdem kann Blei auch im Kupfer oder im Zink enthalten gewesen sein. Bei Gußmessing schaden jene Verunreinigungen durchaus nicht, wohl aber bei der Verarbeitung zu Draht und Blech, da sie die Dehnbarkeit des Messings vermindern. Bleihaltiges Messing soll sich vorzugsweise gut auf der Drehbank bearbeiten lassen.

Das specifische Gewicht der Gelbkupfer-Sorten ist sehr verschieden, und fällt desto größer aus, je reicher die Mischung an Kupfer und je mehr sie durch Bearbeitung verdichtet ist. So schwankt nach mehreren Angaben das specifische Gewicht des eigentlichen Messings zwischen 7,82 und 8,51. Bei Messing aus verschiedenen Fabriken fand ich das specifische Gewicht von Blech 8,52 bis 8,62, von Draht 8,49 bis 8,73, von Guß ein Mal 8,71.

Man kann daher annehmen, daß ein Kubikfuß Messing meistentheils zwischen 430 und 460 Pfund wiegt.

Tombak mit 20 Procent Zinkgehalt soll das specifische Gewicht 8,94 zeigen; bei der Wägung von Blech aus Tombak, welches $18\frac{3}{4}$ Procent Zink enthielt, war das specifische Gewicht 8,788; nach Baudrimont zeigt Tombak von $12\frac{1}{2}$ Procent Zinkgehalt (als Draht) das specifische Gewicht 9,00. Ein Kubikfuß Tombak wird etwa 470 Pfund wiegen. Eben so verschieden ist gewiß die absolute Festigkeit. Man findet sie für Gußmessing zu 16,000, für Draht zu 42,000 Pfund auf den Quadratzoll angegeben. Für dünne Drähte wurden, wenn sie hartgezogen waren, 52,300 bis 100,500 Pfund, und ausgeglüht 40,900 bis 49,700 Pfund gefunden.

Nach Daniell schmilzt Messing, welches gleich viel Zink und Kupfer enthält, bei 730° R., solches aber, welches aus 3 Theilen Kupfer und 1 Theil Zink besteht, bei 737° R. Eine oder die andere dieser Angaben enthält sehr wahrscheinlich einen Irrthum; denn daß bei so sehr verschiedener Zusammensetzung die Schmelzhitze nur um 7° verschieden sein sollte, ist kaum denkbar.

Beim Glühen unter Luftzutritt überzieht sich das Gelbkupfer mit einer dünnen, schwärzlichen Oxydhaut, welche durch Säuren wieder weggeschafft werden kann. Behandelt man es mit verdünnter Salzsäure, so wird seine Farbe höher oder röther, weil vorzugsweise Zink aufgelös't wird. Jedes Umschmelzen, ja schon bloßes Glühen des Gelbkupfers verflüchtigt etwas Zink, wodurch die Farbe gleichfalls röther wird.

Die Verbindung des Kupfers mit dem Zink erfolgt schon (oberflächlich), wenn man ersteres im glühenden Zustande den Dämpfen von Zink aussetzt; und man macht in der That von diesem Verfahren Gebrauch bei der Bereitung des sogenannten cementirten Drahtes.

Die Messingfabrikation (mit welcher die Darstellung des Tombaks zusammenfällt) besteht in dem Zusammenschmelzen des Kupfers mit Zink. Letzteres wurde bei diesem Processe ehemals im oxydirten Zustande (Galmei, Ofenbruch, geröstete Blende), wird aber jetzt meistentheils als reguliniſches angewendet. Möglichst reines Kupfer ist jederzeit eine Bedingung zur Erzeugung eines recht dehnbaren Messings; doch schaden nur die im Kupfer befindlichen fremden Metalle, nicht das Kupferoxydul, weil dieses beim Messingmachen reducirt wird. Daher ist die Hammergare des Kupfers hier nicht unumgänglich nöthig.

Wir wollen hier einige Zusammensetzungen verschiedener Messingarten mittheilen, so wie sie auf analytischem Wege ermittelt worden sind:

1) Messing zum Drehen (nach Hrn. Dumas).

Kupfer	61,6	65,8	64,8	64,6
Zink	35,8	31,8	32,8	33,7
Blei	2,9	2,2	2,0	1,5
Zinn	0,2	0,2	0,4	0,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

2) Messing zum Drahtziehen (nach Hrn. Berthier).

Kupfer	65,49
Zink	33,70
Blei und Zinn	0,81
	100,00

3) Schlagmessing (nach Hrn. Dumas).

Kupfer	70,1
Zink	29,9

4) Gußmessing (nach Hrn. d'Arcet).

Kupfer	91,22	91,30	91,68
Zink	5,57	6,09	4,93
Zinn	1,78	1,00	2,32
Blei	1,43	1,61	1,07
	100,00	100,00	100,00

§. 3. Kupfer und Zinn.

Bronze (Erz, Metall). — Was diesen Namen in der hierher gehörigen Bedeutung führt, ist eine Verbindung von Kupfer mit Zinn, welcher aber öfters auch Zink (oder Messing) zugesetzt wird, und die als zufällige Verunreinigung (auch als absichtlichen Zusatz) wohl eine kleine Menge Blei enthält. Das Kupfer wird durch den Zusatz von Zinn härter, klingender, sehr politurfähig und schmelzbarer, zugleich aber auch mehr oder weniger spröde. Die Farbe ist weiß oder stahlgrau, und die Sprödigkeit am größten, wenn das Zinn wenigstens den dritten Theil der Mischung ausmacht. Mit zunehmendem Kupfergehalte erhält die Legirung eine röthlichweiße, gelbgraue oder röthlichgelbe Farbe, wird etwas geschmeidig (jedoch ohne sich zu Blech und Draht verarbeiten zu lassen) und sehr fest. Die Mischung aus 19 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn ist goldgelb (Chrysochalk). Die Zusammensetzung aus Zinn und Kupfer zeigt folgendes specifisches

Gewicht; wenn sie enthält auf 1 Theil Zinn: 1 Th. Kupfer, specifisches Gewicht 8,79; — 3 Th. Kupfer 8,83; — $6\frac{1}{4}$ Th. Kupfer 8,87; — $8\frac{1}{3}$ Th. Kupfer 8,80; — 10 Th. Kupfer 8,76; — $12\frac{1}{2}$ Th. Kupfer 8,76; — $16\frac{2}{3}$ Kupfer 8,78. —

Durch den Einfluß der Luft und der Witterung läuft die Bronze an, überzieht sich aber erst nach langer Zeit mit einer Kruste Grünspan, deren Dichtigkeit das fernere Verrosten ganz verhindert, und durch seine schöne Farbe eine Zierde von Monumenten und andern Bildwerken abgiebt (Antik-Bronze).

Man bringt durch Kunst einen ähnlichen Ueberzug schneller hervor. Die Legirung von 7 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn schmilzt bei 668° R.; jene aus 3 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn bei 629° R. Wird die Bronze in Berührung mit der Luft umgeschmolzen, so oxydirt sich verhältnißmäßig mehr Zinn als Kupfer, und sie wird daher bei jedem Male ärmer an Zinn. Werden solche Mischungen, welche mehr als etwa 60 Procent Kupfer enthalten, nach dem Schmelzen langsam abgekühlt, so sind sie nach dem Festwerden keineswegs durchaus gleichartige Massen, sondern Gemenge aus einer schwerflüssigeren, kupferreicheren und einer leichtflüssigeren, zinnreicheren Legirung, welche letztere sich oft sehr deutlich auf den Bruchflächen als zahlreiche weiße Pünktchen, manchmal bis zu einer Linie im Durchmesser, in der gelben Hauptmasse zeigt, ja zuweilen, beim Gusse, aus der Oeffnung der Form hervorgepreßt wird, wenn die früher erstarrende schwerflüssige Legirung durch das Festwerden sich zusammenzieht. M. Meyer fand in einer solchen, aus Kanonenmetall (welches etwa 10 Theile Kupfer gegen 1 Theil Zinn enthält) abgeschiedene Verbindung durchschnittlich 23,69 Zinn und 76,31 Kupfer (auf 100); nach Dussossoy enthält sie 81 Kupfer und 19 Zinn.

Es ist eine höchst merkwürdige Eigenschaft des mit Zinn legirten Kupfers, durch schnelle Abkühlung merklich weicher und dehnbarer zu werden. Man kann zu diesem Behufe die Stücke bis zum dunklen Rothglühen, oder — wenn sie flach und dünn sind — nur bis zur Schmelzhitze des Zinns oder Bleies erhitzen, und dann in kaltes Wasser legen. Sie lassen sich mit dem Hammer bearbeiten und etwas dehnen, ohne zu zerspringen oder Risse zu bekommen (Anlassen, Adouciren der Bronze).

Die vorzüglichsten Metallmischungen, welche als Arten der Bronze zu erwähnen sind, bestehen in folgenden:

Spiegelmetall (zu den Spiegeln der Teleskope): 100 Kupfer, 50 Zinn, öfters mit einem kleinen Zusatze von Arsenik.

Glockenmetall, Glockengut, Glockenspeise, (beste Mischung): 100 Kupfer, 25 Zinn. Ein Kubikfuß davon wiegt ungefähr 470 Pfund.

Metall der Uhrglocken: 100 Kupfer, 33 Zinn.

Kanonenmetall (Kanonengut, Stückgut): 100 Kupfer, 10 bis 11 Zinn. Gewicht eines Kubikfußes 466 Pfund.

Bronze zu Medaillen: 100 Kupfer, 8 bis 12 Zinn, wobei ein wenig Zink und Blei nicht nachtheilig ist.

Bronze zu den Rakeln oder Farbemessern der Kattun- und Walzendruckmaschinen: 100 Kupfer, 10 Zinn, 13 Zink.

Bronze zu Radbüchsen für gewöhnliche Kutschen: 88 Kupfer, 12 Zinn.

Bronze zu Büchsen für Schiffs-Dampfmaschinen: 84 — 86 Kupfer, 14 — 16 Zinn.

Bronze für Locomotivbüchsen: 80 Kupfer, 20 Zinn.

Bronze zu Bildsäulen, Büsten 2c: 100 Kupfer, 30 Zinn; oder: 100 Kupfer, 2 Zinn, 6 Zink, 1½ Blei; oder: 100 Kupfer, 12 Zinn, 25 Zink; oder: 100 Kupfer, 5 Zinn, 12 Zink, 4 Blei. Die Mischungen sind hier sehr verschieden, und gewiß in bedeutendem Grade vom Zufall oder von der Willkühr abhängig.

§. 4. Kupfer, Nickel und Zinn.

Argentan (Packfong, Weißkupfer, Neusilber, Maillechort). Mit diesen verschiedenen Namen bezeichnet man eine, erst in der neuern Zeit in Gebrauch gekommene Legirung aus Kupfer, Zink und Nickel, welche als Messing mit einem Zusatze von Nickel zu betrachten ist. Das Argentan hat eine dem Silberweißen ziemlich ähnliche (doch etwas dunklere, meist ein wenig in's Gelbbräunliche ziehende) Farbe, daher sein Name; einen dichtkörnigen Bruch; ein specifisches Gewicht = 8,4 bis 8,7; es ist härter, aber beinahe eben so dehnbar als Messing (in der Glühhitze jedoch, wie dieses, spröde), und nimmt eine schöne Politur an, welche es gut gegen den Einfluß der Luft behauptet. Von sauren Flüssigkeiten wird es stärker als zwölflöthiges Silber, aber viel weniger als Messing, angegriffen, indem sich Kupfer auflöset; daher kann es nicht ohne Bedenken zu Geschirren, in welchen Speisen aufbewahrt werden, Anwendung finden. Es schmilzt in anfangender Weißglühhitze, und brennt dabei, vermöge seines Zinkgehaltes, mit weißer Flamme. An absoluter Festigkeit steht das Argentan dem Messing vor; für einen Quadratzoll berechnet,

ist die zerreißende Kraft bei hartgezogenem Drahte = 91,200 bis 104,000, bei ausgeglühtem = 64,600 bis 66,200 Pfund gefunden.

Das Nickel, einer der wesentlichen Bestandtheile des Argentans, ist ein eigenthümliches Metall, welches wenig andere Anwendungen in den Gewerben findet. Es hat im reinen Zustande eine zwischen Silberweiß und Stahlgrau liegende Farbe, einen hakigen Bruch, einen starken Glanz, eine bedeutende Härte, ein specifisches Gewicht von 8,4 (im gegossenen Zustande) bis 8,9 (geschmiedet); ist schweißbar; schmilzt erst in der heftigsten Weißglühhitze; wird vom Magnete angezogen, und nimmt selbst, gleich dem Eisen, Magnetismus an.

Das Mengenverhältniß der Bestandtheile im Argentan ist nicht immer gleich. Die am meisten silberähnliche Farbe besitzt eine Mischung von 55 Theilen Kupfer, 18 Theilen Nickel, und 30 Theilen Zink (103 Theile). Dem Anlaufen sehr wenig unterworfen ist eine Mischung aus 25 Theilen Nickel, 50 Theilen Kupfer, 25 Theilen Zink; um zu Blech ausgewalzt zu werden, eignet sich am besten eine Zusammensetzung von 20 Nickel, 60 Kupfer, 20 Zink (letztere beide so rein als möglich); zu Gußwaaren wird empfohlen: 18 Nickel, 54 Kupfer, 25 Zink, 3 Blei. Durch einen kleinen (2 oder 2½ Procent betragenden) Zusatz von Eisen oder Stahl wird das Argentan bedeutend weißer, aber auch härter und spröder. Das Eisen schmelzt man vorläufig mit einem Theile des Kupfers zusammen, dieses Gemisch aber dann mit dem Nickel, dem Zink und dem Reste des Kupfers.

Verschiedene untergeordnete Verbindungen und Legirungen, welche beim Maschinenbau angewendet werden.

§. 1. Gußeisenkitt.

Er ist das Resultat einer chemischen Reaction zwischen dem Schwefel und den Gußeisen-Körnern, welche mit einander vermengt, und mit einer Ammoniakauflösung übergossen worden sind. Wenn der Schwefel mit Eisen oder Kupfer in einer Temperatur von 400° in Berührung tritt, so greift er diese Metalle plötzlich unter Funkenentwickelung an. In geringern Temperaturen, unter Einfluß des Ammoniaksalzes und des Wassers findet die Reaction langsamer statt.

Der Gußeisenkitt wird auf folgende Weise bereitet: Man vermengt 20 Theile Gußeisen-Feilspäne mit 1 Theil Schwefelblu-

men und mit 2 Theilen Ammoniak; man rührt das Ganze gehörig durch einander, und bewahrt es, gegen die Feuchtigkeit der Luft geschützt, in einem Gefäß auf.

Will man nun eine Fuge verkitten, so lös't man einen gewissen Theil von dem Kitt in Wasser, oder besser noch in Urin auf, füllt die Fuge mit dem Blei aus, und klopft ihn mit einem Hammer fest. Nach Verlauf von einigen Tagen, wenn die Temperaturverhältnisse günstig sind, ist der Kitt fest geworden.

Was sehr dazu beiträgt, diesen Kitt recht wirksam zu machen, ist die Eigenschaft, sich durch die Reaction der Bestandtheile auszudehnen, und auf diese Weise alle Ritzen auszufüllen, die beim Verkitten selbst nicht ausgefüllt werden konnten, oder nicht ausgefüllt worden sind. Ist dieser Kitt einmal fest geworden, so bildet er eine Masse mit dem zu verkittenden Gußeisen, und die Fugen lassen sich, ohne die Stücke zu zerschlagen, gar nicht von einander trennen.

§. 2. Bleikitt.

Es ist dies ein einfaches Gemenge von Bleiweiß und Mennige, und von Leinöl, so daß das Ganze einen Teig bildet; jene Substanzen haben nämlich die Eigenschaft, das Trocknen des Leinöls zu beschleunigen, indem sie den Sauerstoff aus demselben weit rascher absorbiren, als es sonst geschehen könnte.

Dieser Kitt wird hauptsächlich mit dünnem Bleiblech zur Verdichtung von Fugen angewendet, welche häufiger getrennt werden müssen.

§. 3. Leichtflüssige Metallgemische.

Die leichtflüssigen Metallgemische bestehen aus Blei, Wismuth und Zinn in verschiedenen Verhältnissen, welche durch die Temperatur, in der sie schmelzen sollen, bestimmt wird. Wir theilen nachstehend die Zusammensetzung einiger von diesen leichtflüssigen Legirungen mit:

Wismuth.	Blei.	Zinn.	Temperatur des Schmelzpunktes.
8	5	3	94°
8	4	4	100°
1	0	1	150°
1	1	0	165°

Diese Data sind schon hinreichend, um leichtflüssige Metallgemische von allen Temperaturgraden über 94° C., zusammenzusetzen.

Zweites Capitel.

Festigkeit der bei dem Maschinenbau angewendeten Materialien.

Man unterscheidet vier Arten von Kraftäußerungen, denen die Baumaterialien unterworfen sind, nämlich: das Zerreißen, die Biegung, die Drehung und der Druck.

Widerstand gegen das Zerreißen.

Das Zerreißen ist diejenige Kraftäußerung, welche ein Stück in zwei andere zu trennen sucht. Der Widerstand gegen das Zerreißen, oder die sogenannte absolute Festigkeit ist proportional dem Querschnitt des Stücks; kennt man nun die Festigkeit für einen gegebenen Querschnitt, so kann man sie auch für jeden andern leicht bestimmen.

Indem man die verschiedenen, beim Maschinenbau angewendeten Materialien der Einwirkung des Zerreißens unterwarf, gelangte man zu folgenden mittlern Zahlen:

(Siehe die umstehende Tabelle.)

Beschaffenheit der Materialien.	Mittlere Belastung, welche ein Quadratcentimeter Querschnitt, ohne sich zu verändern, trägt.	Mittlere Belastung, welche dem Bruch von einem Quadratcentimeter Querschnitt entspricht.
1. Holz.	Kil.	Kil.
Eschen	700	1400
Theck oder malabarische Eiche . . .	500	1050
Tanne	400	840
Rothbuche	400	800
Gewöhnliche Eiche	380	780
Birnbaum	350	690
2. Eisen.		
Stabeisen	1400	4300
Blech in der Richtung des Walzens .	1350	4080
Desgl. senkrecht darauf	1200	3645
Eisendraht von 5 bis 1,3 Millimeter, ungeglüht	2000	6240
Desgl. von 1 Millimeter und darunter, ungeglüht	2500	7700
Desgl. von 1 bis 1,5 Millimeter, geglüht	1200	3700
Ausgeschweißtes und durch das Zieheisen gezogenes Eisen	1900	5750
3. Gußeisen.		
Graues Gußeisen	700	1420
Weißes desgl.	650	1310
4. Stahl.		
Cementstahl, nicht raffinirt, polirt .	1300	2790
Gußstahl, nicht raffinirt	2000	4400
Desgl. raffinirt	4500	9440
5. Kupfer.		
Kanonenmetall	1200	2550
Gußkupfer	650	1339
Ausgewalztes Kupfer	950	2110
Gehämmertes Kupfer	1150	2486
Messing	600	1263
Weicher Messingdraht von 8 Millimeter	4000	8501
Harter und spröder Messingdraht von 2 Millimeter	1900	4140
Weicher Messingdraht von 2 Millimeter	3200	6610
6. Zinn.		
Blockzinn	150	333
7. Blei.		
Frischblei	50	128
Gewalztes Blei	60	140

Widerstand gegen die Biegung oder relative Festigkeit.

Die Biegung ist diejenige Kraft, welche ein Stück zu zerbrechen sucht, indem sie auf dasselbe in senkrechter Richtung von der Linie, welche durch den Aufhängungspunkt geht, wirkt. Es giebt vier Stellungen für einen Stab oder einen Balken, welcher gebogen werden soll, nämlich: 1) mit einem seiner Enden eingeschlossen; 2) an irgend einem Punkte seiner Länge unterstützt; 3) an beiden Enden unterstützt; 4) mit beiden Enden eingelassen.

Die Belastung kann aus einem oder aus mehreren Gewichten bestehen, die an beliebigen Punkten der Länge nach oder gleichförmig vertheilt sind.

§. 1. Belastung am Punkte des Bruchs.

Wenn P, P', P'' ꝛc., die in den Entfernungen l, l', l'' ꝛc. von dem Punkt des Bruchs aufgehängten Gewichte bezeichnen, so sind deren Einwirkungen an diesem Punkt:

$$Pl + P'l' + P''l'', \text{ꝛc.}$$

1) Balken der an dem einen Ende eingelassen ist, und der gleichen Querschnitt hat. Der Punkt, an welchem der Balken oder der Stab zerbricht, liegt am entferntesten von dem Angriffspunkt der Kraft, denn die Einwirkung dieser Kraft nimmt mit ihrem Hebelarm zu (Fig. 1., Taf. I.).

Wenn F den Widerstand des Balkens an dem Punkte bezeichnet, wo er eingelassen ist, und welcher der entfernteste und folglich der Punkt des Bruchs ist, so hat man

$$F = Pl + P'l' + P''l'' \text{ ꝛc.}$$

Wenn Q die Resultande oder Mittelkraft der Kräfte $P, P' P''$ ꝛc. ist und λ ihr Hebelarm, so erhält man:

$$F = Q\lambda = \lambda\,(P + P' + P'' +, \text{ꝛc.})$$

Wenn die Gewichte gleich und gleichförmig vertheilt sind, so liegt der Angriffspunkt der Mittelkraft in der Mitte, und man hat alsdann

$$P = Q\,\frac{l}{2}.$$

2) Balken, der an irgend einem Punkte seiner Länge unterstützt ist (Fig. 2., Taf. I.). Es kann hier nur dann ein Gleichgewicht stattfinden, wenn man hat:

$$Pl + P'l' +, \text{ꝛc.} = P''l'' + P'''l''' +, \text{ꝛc.}$$

Da die größte Einwirkung der Kräfte im Mittelpunkt des Gleichgewichts stattfindet, so ist dieser Punkt auch der des Bruchs, und man hat:

$$F = Pl + P'l' +, \text{ꝛc.} = P''l'' + P'''l''' +, \text{ꝛc.}$$

Wenn Q und Q′ die Mittelkräfte sind, und λ und λ′ ihre Hebelarme, so hat man:

$$F = Q\lambda = Q'\lambda' = \lambda\,(P + P' +, \text{ꝛc.}) = \lambda'\,(P'' + P''' +, \text{ꝛc.})$$

Wenn die Kräfte P, P′P″ ꝛc. unter einander gleich und gleichförmig vertheilt sind, so geht die ganze Mittelkraft durch die Mitte des Balkens; in diesem Falle muß der Balken in seiner Mitte unterstützt sein; die Mittelkräfte Q und Q′ liegen in diesem Fall jede im Viertel der Länge und in gleicher Entfernung von einander; ist demnach Q″ die Hauptmittelkraft, so leitet man daraus ab:

$$Q = Q' = \frac{1}{2}\,Q''$$

$$F = Q\frac{l}{4} = \frac{Q''l}{8}$$

3) **Balken, dessen Stützpunkte an den Balkenenden liegen** (Fig. 3., Taf. I.). In diesem Fall fällt jede Kraft in zwei andere, die an den beiden Enden des Balkens angreifen. Wenn p, q die gemeinschaftlich wirkenden Kräfte von P sind, und a, l — a ihre Hebelarme, so hat man:

Einwirkungen an den Enden: p und q.

Einwirkungen an dem Angriffspunkt von P: $pa = q\,(l - a)$.

Der Punkt des Bruchs befindet sich demnach am Angriffspunkt der Kraft.

Man hat:

$$p : q = l - a : a \text{ daher } p + q : p = l : l - a.$$

Substituirt man p + q durch P, so erhält man:

$$P : p = l : l - a.$$

$$\text{daher}: p = \frac{P\,(l - a)}{l}.$$

$$\text{und } p\,a = \frac{Pa\,(l - a)}{l}.$$

Für eine einzige angreifende Kraft P, hat man:

$$F = \frac{Pa\,(l - a)}{l}.$$

$$\text{Wenn } a = l - a = \frac{l}{2} \qquad F = \frac{Pl}{4}$$

Für mehrere P, P′P″ ꝛc. sucht man die Mittelkraft, und wenn α und l — α die Hebelarme davon sind, so hat man:

$$F = \frac{(P + P' + P'', \text{2c.})\,\alpha\,(l - \alpha)}{l}.$$

Wenn die Kräfte P, P', P'' 2c. unter einander gleich und gleichförmig vertheilt sind, so hat die Mittelkraft Q ihren Angriffspunkt auf der Mitte des Balkens und ist gleich ihrer Summe; man hat alsdann, wenn man für a und für l — a ihren Werth $\frac{l}{2}$ substituirt:

$$F = \frac{Q\,\frac{l}{2} \times \frac{l}{2}}{l} = \frac{Q\,l}{4}.$$

4) Balken, der an beiden Enden eingelassen ist. Man hat gefunden, daß in diesem Fall der Widerstand der doppelte von dem im vorhergehenden Falle ist, welches für den Ausdruck der ausgeübten Wirkung, wenn das Gewicht gleich vertheilt ist, giebt: $F = \frac{Q\,l}{8}$.

§. 2. Widerstand am Punkt des Bruchs.

Der Widerstand am Punkt des Bruchs ist proportional der Basis von dem festen Körper und dem Quadrat seiner Höhe. Wenn R der Coefficient des Widerstandes eines jeden benutzten Metalles ist, so hat man:

1) Bei rechteckigem Querschnitt (Fig. 4., Taf. I.):

$$F = \frac{R a b^2}{6}.$$

2) Bei quadratischem Querschnitt (Fig. 5.): $F = \frac{R q^3}{6}$, wobei q eine Seite des Quadrats ist.

3) Bei quadratischem Querschnitt, eine Kante nach unten gestellt (Fig. 6.): $F = \frac{R q^3}{6\sqrt{2}}$.

4) Bei rundem Querschnitt (Fig. 7.): $F = \frac{R \pi r^3}{4}$, wobei r der Halbmesser des Kreises.

5) Bei ringförmigem Querschnitt (Fig. 8.):

$$F = \frac{R \pi\,(r^4 - r'^4)}{4 r},$$

wobei r der äußere und r' der innere Halbmesser.

6) Bei hohlem rechteckigen Querschnitt (Fig. 9.) oder bei

Verstärkungs-Rippen (Fig. 10.): $F = \frac{R\,(a\,b^3 - a'b'^3)}{6\,b}$.

Werden die Größen l, a, b, r rc. in Centimetern ausgedrückt, so hat man durch die Erfahrung gefunden:

	Werth von R, ohne daß eine Formveränderung stattfindet.	Werth von R, im Augenblick des Bruchs.
Eichenholz	140	690
Tannenholz	120	610
Gußeisen	560	2800
Schmiedeeisen . . .	1500	6060

Widerstand gegen die Torsion oder Drehung. — Formel von Robertson für die Wellzapfen.

A, Größe der Wirkung, welche in der Minute in Kilogrammmetern mitgetheilt wird;

n, Anzahl der Umdrehung der Welle in derselben Zeit.

D, gesuchter Durchmesser in Centimetern.

Man hat unter diesen Umständen:

Für Gußeisen: $D^3 = 2{,}3\,\frac{A}{n}$, daher $D = 1{,}32\,\sqrt[3]{\frac{A}{n}}$.

Für Schmiedeeisen:

$$D'^3 = 1{,}48\,\frac{A}{n},\ \text{daher}\ D' = 1{,}14\,\sqrt[3]{\frac{A}{n}}.$$

Und: $D = 1{,}16\,D'$.

Man wird bemerken, daß $A = \pi\,r\,n\,Q$, daher $\frac{A}{n} = 2\pi\,r\,n\,Q$; es ist dies demnach die Arbeit, welche während einer Wellenumdrehung erfolgt ist, ausgedrückt auf eine bequeme Weise.

Widerstand gegen die Zerdrückung.

Dieser Widerstand ist nicht allein nach dem Querschnitt der Stücke, sondern auch nach ihrer Höhe verschieden. Uebersteigt der Druck die Grenze der Zusammendrückbarkeit nicht, so wird das Stück ohne Veränderung seiner Massentheilchen kürzer; erhöht man aber den Druck, so findet eine Zerdrückung statt.

Beim Holze trennen sich die Fasern, und biegen sich, ehe sie zerbrechen. Beim Eisen wird die Basis stärker und es zerbricht. Gußeisen zerbricht plötzlich und scharf.

Nach Rondelet erfolgt die Zerdrückung von Eichenholz bei 385 bis 460 Kilogrammen auf 1 Quadratcentimeter des Querschnitts, wenn die Höhe das 7- oder 8fache von einer Seite der Basis nicht übersteigt. Darüber hinaus findet eine geringe Bie-

gung statt, und bei einer 10 Mal größern Höhe ist die Biegung sehr bemerkbar.

Ein Würfel von Schmiedeeisen wird von einem Gewicht von 4925 Kilogramm auf das Quadratcentimeter zusammengedrückt. Beträgt die Höhe das Dreifache von einer Seite der Basis, so beginnt die Biegung.

Ein Würfel von Gußeisen wird durch ein Gewicht von 10,000 Kilogramm auf das Quadratcentimeter zerdrückt; beträgt die Höhe das 7- oder 8fache von einer Seite der Basis, so findet eine merkliche Biegung statt.

In der Praxis muß man Holz nur mit $\frac{1}{5}$ und Metalle nur mit $\frac{1}{4}$ von dem Gewicht belasten, welches die Zerdrückung bewirkt.

Formel von Tredgold.

P, Belastung in Kilogrammen, wodurch das Stück keine Veränderung erleidet.

d, Durchmesser der Säule in Centimetern.

l, Länge der Säule in Centimetern.

Für Gußeisen: $P = \frac{230\ d^4}{1{,}24\ d^2 + 0{,}00039\ l^2}$

Für Schmiedeeisen: $P' = \frac{267\ d^4}{1{,}24\ d^2 + 0{,}00034\ l^2}$

Folgerungen.

Ueberblickt man die verschiedenen Eigenschaften der Metalle, der metallischen Verbindungen und Legirungen, welche wir weiter oben kennen gelernt haben, so gelangen wir zu der folgenden Tabelle:

Vergleichende Tabelle über die physikalischen Eigenschaften der Metalle, der metallischen Verbindungen und Legirungen, welche bei dem Maschinenbau angewendet werden.

Benennung der Metalle.	Festigkeit. Widerstand gegen das Zerreißen.	die Biegung.	die Torsion.	den Druck.	Gewicht des Kubikmeters.	Dehnbarkeit nach der Ordnung ihrer Größe. Dehnbarkeit.	Geschmeidigkeit.	Härte.	Preis des Kilogramm, unverarbeitet.	Leitbarkeit = Verhältniß.	Schmelzbarkeit.
	Zweckmäßige Belastung auf das Q.-Centim.	Coefficient.	Verhältniß.	Verhältniß.							
	Kil.				Kil				Fr.		
Schmiedeeisen	1400	1500	1,000	1,00	7780	1ster	6te	4te	0,50	1,000	145° des Pyrom.
Gußeisen . .	700	560	0,865	2,00	7600	9te	9te	3te	0,25	1,500	35° desgl.
Stahl . . .	1300	=	=	=	7800	8te	8te	1ster	2,50	=	verschieden
Kupfer . . .	950	=	=	=	8875	3te	1ster	8te	2,25	2,400	27° des Pyrom.
Messing . . .	600	=	=	=	8500	2te	5te	5te	2,00	2,000	21° desgl.
Bronze . . .	1200	=	=	=	8825	6te	7te	2te	3,00	=	24° desgl.
Zink	430	=	=	=	7000	4te	4te	6te	0,35	0,975	370° C.
Zinn	150	=	=	=	7200	5te	2te	7te	1,50	0,810	210° desgl.
Blei	50	=	=	=	11352	7te	3te	9te	0,70	0,480	260° desgl.

Zweite Abtheilung.

Zusammensetzung der Dampfmaschinen.

Unter einem allgemeinen Gesichtspunkt betrachtet, sind die Maschinen Apparate, deren Zweck es ist, die Wirkung der Kräfte zu benutzen, entweder als Motoren, oder Vormaschinen, oder als Arbeitstheile, Hintermaschinen oder Werkzeuge.

Zu dem Ende bestehen sie aus Organen, bei denen man unterscheidet:

Die Hauptorgane, von denen jedes für sich eine von den Functionen erfüllt, deren Ganzes die eigentliche Arbeit des Apparates bildet, dem sie angehören.

Die Nebenorgane, von denen jeder für sich eine von den Functionen ausübt, deren Ganzes die eigenthümliche Arbeit des Hauptorganes bildet, zu welchem sie gehören.

Die Hauptorgane nennt man Maschinentheile.

Die Nebenorgane nennt man Maschinenstücke.

Es folgt daraus:

1) Daß die Zusammensetzung einer Maschine darin besteht, die vorher zusammengefügten verschiedenen Maschinentheile zweckmäßig anzubringen.

2) Daß die Zusammensetzung eines Maschinentheiles darin besteht, die verschiedenen, vorher zusammengesetzten Stücke dieses Theils gehörig anzuordnen.

3) Daß die Zusammensetzung eines Maschinenstückes darin besteht, die Formen und Dimensionen dieses Stücks, nach den Functionen, welche sie zu erfüllen, und nach den Widerständen, welche sie zu überwinden haben, zu bestimmen.

Die Zusammensetzung der Maschinen umfaßt demnach drei Hauptoperationen, nämlich: 1) Zusammensetzung der Stücke; 2) Zusammensetzung der Theile; 3) eigentliche Zusammensetzung der Maschinen.

Wenden wir nun diese Art und Weise, die Maschinen im Allgemeinen zu betrachten, auf die Dampfmaschinen an, so erlangen wir drei Arten der Zusammensetzung, nämlich: 1) Zusammensetzung der Dampfmaschinen-Stücke; 2) Zusammensetzung der Dampfmaschinentheile; 3) Zusammensetzung der eigentlichen Dampfmaschine.

Erstes Buch.

Zusammensetzung der Dampfmaschinenstücke.

Eine jede Vereinigung von Stücken, welche so eingerichtet sind, daß sie eine bestimmte Arbeit ausführen können, entweder als vollständiger Apparat, oder nur als Theil dieses Apparates, läßt sich stets in zwei Kategorien theilen, nämlich: 1) in solche Stücke, die eine allgemeine Benutzung bei der Maschine haben; 2) in solche, deren Benutzung in dem Apparat, oder in einem Theil desselben, speciell ist.

Es folgt daraus, daß in den Dampfmaschinen zwei Arten von Stücken vorkommen, nämlich:

1) Solche, welche wir allgemeine Stücke nennen, welche nicht allein bei der Construction dieser Motoren, sondern auch bei der aller übrigen Maschinen angewendet werden.

2) Solche Stücke, welche wir besondere nennen, und die nur beim Bau der Dampfmaschinen angewendet werden.

Das Studium der Dampfmaschinenstücke umfaßt demnach zwei gänzlich verschiedene Theile, nämlich: 1) das Studium der allgemeinen Maschinenstücke, welche bei jeder Maschine angewendet werden können; 2) das Studium der der Dampfmaschine eigenthümlichen Stücke.

Erster Artikel.

Allgemeine Maschinenstücke.

Erstes Capitel.

Allgemeine Charaktere der Maschinen.

Jede im Betriebe stehende Maschine ist ein Ganzes von Stücken, welche genau unter einander verbunden und mit den beiden mechanischen Zuständen begabt sind: Ruhe oder Bewegung. Die Ruhe wird durch feste und im Gleichgewicht stehende Stücke dargestellt; die Bewegung durch bewegliche Stücke.

In der Theorie nimmt man zweierlei Bewegungen an: die geradlinige und die krummlinige Bewegung.

Die krummlinige Bewegung zerfällt in zwei andere: in die krummlinige Bewegung in der Ebene, und in die krummlinige Bewegung im Raum.

In der Praxis betrachtet man ebenfalls zwei Bewegungen:

die geradlinige und die kreisförmige, von denen die zweite zu der in einer Ebene krummlinigen Bewegung gehört.

Diese Bewegungen sind entweder ununterbrochen oder wiederkehrend. Deßhalb giebt es vier verschiedene Arten von Bewegungen, nämlich: 1) continuirlich oder ununterbrochen geradlinige Bewegung; — 2) wiederkehrend geradlinige Bewegung; — 3) continuirlich kreisförmige Bewegung; — 4) wiederkehrend kreisförmige Bewegung.

Ein Stück ist nur dann fest, wenn es mit dem Boden an mehr als zwei Punkten in Verbindung steht, die nicht in gerader Linie liegen; diese Verbindung kann entweder eine unmittelbare, oder mittelst anderer fester Stücke bewirkt worden sein.

Der Fundamentalstücke bei der Bewegung in den Maschinen giebt es zwei, nämlich: Stangen und Wellen.

Der Theorie nach sind die Stangen und die Wellen Cylinder, deren Länge im Verhältniß zu ihrem Durchmesser sehr bedeutend ist.

Die Stangen haben stets eine geradlinige Bewegung.

Die Bewegung der Wellen ist stets eine kreisförmige.

Die Verbindungen der festen Stücke unter einander; die der Stangen oder Wellen mit den festen Stücken; endlich die der Stangen und Wellen unter einander, oder mit den übrigen Stücken, welche dieselbe Bewegung haben, als sie, bilden das Ganze der sogenannten allgemeinen Maschinenstücke.

Diese Verbindungen oder Mittheilungen sind entweder unmittelbare oder mittelbare: die unmittelbaren Mittheilungen nennt man Verbindungen; sie werden ohne Unterschied bei den festen und bei den beweglichen Stücken angewendet. Die mittelbaren Mittheilungen werden mit dem Namen Bewegungsübertragungen bezeichnet; sie werden ausschließlich bei den beweglichen Stücken angewendet. Wir werden diese beiden Arten von Mittheilung kurz und so viel als möglich übersichtlich darzustellen suchen, indem ihr Studium außerhalb des Plans von dem vorliegendem Werke liegt.

Verbindungen.

Es seien nun die Formen oder die Dimensionen der Maschinenstücke, welche sie wollen, so kennt man in der Praxis doch nur drei Durchschnitte an den Punkten, wo diese Stücke unter einander

verbunden sind, nämlich: den rechteckigen Durchschnitt, den quadratischen und den kreisförmigen.

So wie die Durchschnitte, ist auch die Anzahl der in der Praxis angenommenen Verbindungen in Beziehung zu den relativen Stellungen der zu verbindenden Stücke außerordentlich beschränkt, indem sie nur aus zweien bestehen, nämlich: aus der Aneinanderfügung zweier oder mehrerer Stücke an ihren Enden; die Winkelverbindung.

Die erstere wird jedesmal dann angewendet, wenn man zwei Stücke mit einander verbinden will, von denen das eine in der Verlängerung des andern liegt; und die zweite jedesmal dann, wenn die zusammen zu fügenden Stücke senkrecht auf einander stehen. Daraus lassen sich, je nach den Querschnitten und den Richtungen der zu vereinigenden Stücke, 12 Combinationen von Verbindungen aufstellen, nämlich:

Längenverbindung eines Stücks von rechteckigem Durchschnitt mit einem von anderem Durchschnitt.

1) Rechteckig; — 2) quadratisch; — 3) kreisrund. —

Längenverbindung eines Stücks von quadratischem Durchschnitt mit einem andern:

4) Von quadratischem; — 5) von kreisförmigem Durchschnitt.

Längenverbindung eines Stücks von kreisförmigem Durchschnitt mit einem Stück:

6) von kreisförmigem Durchschnitt.

Winkelverbindung eines Stücks von rechteckigem Durchschnitt mit einem andern:

7) von rechteckigem; — 8) von quadratischem; — 9) von kreisförmigem Durchschnitt.

Winkelverbindung eines Stücks von quadratischem Durchschnitt mit einem andern:

10) von quadratischem; — 11) von kreisförmigem Durchschnitt.

Winkelverbindung eines Stücks von kreisförmigem Durchschnitt mit einem andern:

12) von kreisförmigem Durchschnitt.

§. 1. Verbindung der festen Stücke unter einander.

Längenverbindungen.

1) **Rechteckiger Querschnitt mit rechteckigem Querschnitt.** Der rechteckige Querschnitt bildet die Reihe der Stücke, welche man Platte nennt, wie Bleche, Bänder und Plat=

ten. Die Verbindung oder Zusammenfügung dieser Stücke wird auf folgende Weise bewirkt: Man legt die zu verbindenden Enden hinreichend lang über einander, versieht sie darauf mit Löchern und verbindet sie mittelst derselben entweder durch Niete, oder durch Schraubenbolzen. Bei der Verbindung mittelst Nieten breitet man die Köpfe der Niete mit dem Hammer aus; bei dem Zusammenschrauben zieht man die Schraubenmuttern an.

2) Rechteckiger Durchschnitt mit quadratischem Durchschnitt. In diesem Falle verändert man die Gestalt von einem der beiden Durchschnitte, und die Zusammenfügung ist alsdann dieselbe, als wenn beide Stücke rechteckig oder quadratisch wären.

3) Rechteckiger Durchschnitt mit kreisförmigem. In diesem Falle findet dieselbe Bemerkung wie weiter oben statt.

4) Quadratischer Durchschnitt mit quadratischem Durchschnitt. Wenn die Stücke dem Zuge nach der Längenrichtung unterworfen sind, so wird die Zusammenfügung durch Verblattung, wie bei den Zimmerarbeiten, und durch einen Muff darüber bewirkt; haben aber die Stücke keine Einwirkung des Zuges zu erleiden, so wird die Verbindung nur durch einen Muff bewirkt.

5) Quadratischer Durchschnitt mit kreisförmigem Durchschnitt. In diesem Falle führt man die Verbindung auf die von zwei runden Stücken zurück, je nachdem man es will, indem man die Form von dem einen der beiden Durchschnitte verändert.

6) Kreisförmiger Durchschnitt mit kreisförmigem Durchschnitt. Wenn die Stücke in der Längenrichtung einer ziehenden Kraft unterworfen sind, so wird die Verbindung mittelst einer Hülse mit Schließkeil oder mittelst Schrauben verbunden. Findet aber kein Zug statt, so reicht ein Muff zur Verbindung hin.

Winkelverbindungen.

1) Rechteckiger Durchschnitt mit rechteckigem Durchschnitte. Man verfährt dabei, wie bei einer Längenverbindung, indem man eins von den zu verbindenden Stücken knieförmig umbiegt.

2) Rechteckiger mit quadratischem Durchschnitt. Man versieht das platte Stück mit einem quadratischen Loch, welches größer als das zu verbindende Stück ist, und bringt alsdann eine Verkeilung an. Häufiger noch wendet man in diesem Falle

die Verbindung eines rechteckigen Durchschnittes mit einem kreisrunden an; selten aber nur die zweier rechteckiger Durchschnitte.

3) Rechteckiger Durchschnitt mit kreisrundem. Man endigt das runde Stück mit einem Kegel, der in ein Loch von derselben Form und denselben Dimensionen tritt, welches in dem platten Stück angebracht worden ist; alsdann wird das Ende des Kegels mit einer Clavette oder Schließkeil versehen, oder mit einer Scheibe oder Schraubenmutter, die in der Verlängerung des runden Stücks eingeschnitten worden ist. Andere Male versieht man den cylindrischen Theil mit einer Verstärkung ohne Kegel, und der Verschluß findet auf der andern Seite durch eine Clavette, oder durch eine Scheibe und eine Schraubenmutter statt.

4) Quadratischer mit quadratischem Durchschnitt. Die Verbindung wird in diesem Fall mittelst eines Bügels oder mittelst einer Hülse mit Clavette bewirkt.

5) Quadratischer Durchschnitt mit kreisrundem. In diesem Fall wird die Zusammenfügung wie oben bewirkt, es mag das eine oder das andere Ende das stärkere sein; ist aber das kreisrunde Ende das stärkere, so ist es zweckmäßiger, ihm eine quadratische Gestalt zu geben.

6) Kreisförmiger mit kreisförmigem Durchschnitt. Die Verbindung wird mittelst einer Hülse in der Form eines **T** bewirkt.

§. 2. Verbindung eines festen mit einem beweglichen Stück.

Die beweglichen Stücke haben entweder eine geradlinige, oder eine kreisförmige Bewegung.

1) Geradlinige Bewegung. Wenn ein Stück eine geradlinige Bewegung hat, so übt es eine Reibung auf die Stücke, die es berührt, aus. Diese Reibung kann von verschiedener Beschaffenheit sein, d. h. entweder eine wälzende oder rollende Reibung.

In ersterem Fall ist das bewegliche Stück mit Schlitten versehen, die sich in Leitungen bewegen, welche an dem festen Stück angebracht worden sind. Im zweiten Falle ist das Stück mit Achsen versehen, an welchen Frictionsrollen angebracht sind, die sich in Falzen bewegen, welche ebenfalls an dem festen Stück angebracht worden sind. Diese Frictionsrollen oder Frictionswalzen bestehen entweder aus Metall, oder aus Holz.

Wenn die beiden Mittel, in denen sich das bewegliche Stück bewegt, verschiedenartig sind, so findet die Trennung mittelst einer Stopfbüchse statt.

2) *Kreisförmige Bewegung.* Ein mit einer kreisförmigen Bewegung begabtes Stück ist stets mit einer Welle versehen, und die Verbindung mit den festen Stücken findet durch *Zapfen, Pfannen* und *Zapfenlager* statt, welche letztere beide in dem festen Stück angebracht sind.

§. 3. Verbindung der festen Stücke unter einander.

Diese Verbindungen oder Bewegungsübertragungen sind nicht allein, wie die der festen Stücke unter einander, nach den Durchschnitten an den Vereinigungspunkten und nach den relativen Einrichtungen der beiden Stücke, sondern auch nach der Art und Weise ihrer Beweglichkeit, verschieden. Dennoch kann man als allgemeinen Satz aufstellen, daß die Stücke mit verschiedenen Bewegungen begabt sind, wie dieß jedesmal dann der Fall ist, wenn die Verbindung mittelst eines Kurbelstangenkopfes erfolgt, die einzige Veränderung, welche die oben erwähnten Verbindungen gegen feste Stücke erleiden, das Hinzuthun von *Charnieren* oder *Pfannen* ist.

Verwandlung der Bewegungen.

Es giebt 16 allgemeine Verwandlungen der Bewegung, nämlich:

1) Continuirlich geradlinige;		1) Continuirlich geradlinige;
2) wiederkehrend geradlinige;	in	2) wiederkehrend geradlinige;
3) continuirlich kreisförmige;		3) continuirlich kreisförmige;
4) wiederkehrend kreisförmige;		4) wiederkehrend kreisförmige;

§. 1. Verwandlungen der continuirlich geradlinigen Bewegung.

1) *Continuirlich geradlinige in continuirlich geradlinige Bewegung.* Es können drei Fälle vorkommen: 1) Derjenige, in welchem sich die Stücke entweder parallel oder auf gleicher gerader Linie in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit bewegen; — 2) wenn die Stücke sich nach irgend einer Richtung, in gleicher Ebene und mit irgend einer Geschwindigkeit bewegen; — 3) wenn die Stücke sich nach irgend einer Richtung in dem Raum bewegen.

Im erstern Falle wird die Verwandlung der Bewegung durch ein Verbindungsstück bewirkt, dessen Form und Dimensionen von den Formen, relativen Entfernungen und Kräften der beweglichen Stücke abhängt, welche unter einander verbunden werden sollen.

Im zweiten Fall wird die Verwandlung bewirkt: 1) Bei gleichen Geschwindigkeiten, entweder mittelst einer oder mehrerer Rollen oder *Riemenscheiben* und einer *Schnur*, eines *Laufseils* oder einer *Kette*, deren Enden mit den in Bewegung ste-

henden Stücken verbunden sind; oder mittelst Zahnstangen und Getrieben; 2) bei ungleichen Geschwindigkeiten, entweder mittelst einer oder mehrerer Riemenscheiben, Schnuren, Laufriemen oder Ketten, oder mittelst Zahnstangen und Getrieben, oder mittelst Stirnräder.

Im dritten Fall wird die Verwandlung der Bewegung entweder mittelst Riemenscheiben, oder mittelst Zahnstangen und Stirn- oder Winkelrädern bewirkt.

2) Continuirlich geradlinige Bewegung in wiederkehrend geradlinige. Diese Verwandlung wird mittelst der beiden folgenden: continuirlich geradlinige in continuirlich kreisförmige Bewegung und continuirlich kreisförmige in wiederkehrend geradlinige, bewirkt.

3) Continuirlich geradlinige Bewegung in continuirlich kreisförmige. Diese Verwandlung wird bei den Uhren mittelst eines Gewichts bewirkt, welches an einem Seil aufgehängt ist, das sich um eine Trommel wickelt. Die Geschwindigkeit wird durch einen Moderator bewirkt. Es erfolgt diese Bewegung auch mittelst Wasser, welches in irgend einer Richtung auf die Schaufeln eines Wasserrades fällt. Endlich erfolgt sie auch durch den Wind, der auf die Flügel einer Mühle einwirkt.

Continuirlich geradlinige Bewegung in wiederkehrend kreisförmige. Diese Verwandlung erfolgt mittelst eines Wasserstrahls, der aus einer Röhre entweicht, und der abwechselnd in zwei, an einer Welle angebrachte Zellen fällt, so daß, wenn eine gefüllt ist, der Apparat schwankt, und der andere gefüllt wird, während sich der erstere entleert u. s. w. Sie wird auch in Flüssen für den Durchgang von Fahrzeugen, mittelst eines Seils bewirkt, von denen das eine Ende an einem Punkt mitten in dem Fluß, und das andere an einem Punkt des Fahrzeuges befestigt ist, so daß seine Längenseiten im Verhältniß zur Richtung des Stromes geneigt, und abwechselnd der Einwirkung des Oberwassers ausgesetzt sind.

§. 2. Verwandlungen der wiederkehrend geradlinigen Bewegung.

1) Wiederkehrend geradlinige Bewegung in continuirend geradlinige. Diese Verwandlung wird mittelst der beiden folgenden bewirkt, nämlich: wiederkehrend geradlinige Bewegung in continuirend kreisförmige, und continuirlich kreisförmige in continuirend geradlinige.

2) Wiederkehrend geradlinige Bewegung in wiederkehrend geradlinige. Diese Verwandlung wird auf ver-

schiedene Weise bewirkt, nämlich: 1) Wenn die Stücke mit einander parallel gehen und gleiche Geschwindigkeiten haben, so besteht die Verwandlung in einer Zusammenfügung; wenn sie verschiedene Richtungen in gleicher Ebene, in parallelen Ebenen, oder in irgend einer Ebene haben, so erfolgt die Verwandlung mittelst der beiden folgenden, nämlich: wiederkehrend geradlinige in wiederkehrend kreisförmige Bewegung; wiederkehrend kreisförmige in wiederkehrend geradlinige Bewegung.

3) Wiederkehrend geradlinige Bewegung in continuirlich kreisförmige. Diese Verwandlung wird mittelst einer Kurbelstange und einer Kurbel bewirkt, deren Bewegung durch ein Schwungrad regulirt wird.

4) Wiederkehrend geradlinige Bewegung in wiederkehrend kreisförmige. Diese Verwandlung wird mittelst eines Parallelogrammes und eines Balanciers, oder mittelst einer Leitung, einer Lenkstange und eines Hebels bewirkt.

§. 3. Verwandlung der continuirlich kreisförmigen Bewegung.

1) Continuirlich kreisförmige Bewegung in continuirlich geradlinige. Diese Verwandlung erfolgt durch ein Zahnrad und Zahnstange; ferner auch durch eine Trommel, oder durch eine Scheibe mit Schnur, Laufriemen oder Kette. Endlich wird sie auch mittelst einer Schraube bewirkt.

2) Continuirlich kreisförmige Bewegung in wiederkehrend geradlinige. Diese Verwandlung erfolgt mittelst einer Kurbel und einer Kurbelstange; eben so auch durch eine excentrische Scheibe; endlich auch durch einen Hebedaumen, der das Stück bis zu einer gewissen Höhe hebt, von der es vermöge seiner Schwere herabfällt.

Man wendet zuweilen auch ein Getriebe mit unterbrochener Verzahnung an, welches auf zwei mit einander verbundene und parallele Zahnstangen einwirkt.

3) Continuirlich kreisförmige Bewegung in continuirlich kreisförmige. Diese Verwandlung erfolgt mittelst Scheiben und Laufriemen; sie wird aber auch durch Zahnräder und Getriebe bewirkt.

4) Continuirlich kreisförmige Bewegung in wiederkehrend kreisförmige. Diese Verwandlung wird mittelst eines Winkelrades mit unterbrochener Verzahnung bewirkt, welches auf zwei volle Winkelräder einwirkt; die Welle der letztern steht auf der des erstern senkrecht. Sie wird aber auch durch

eine Kurbel, eine Kurbelstange und einen Balancier bewirkt.

§. 4. Verwandlungen der wiederkehrend kreisförmigen Bewegung.

1) Wiederkehrend kreisförmige Bewegung in continuirlich geradlinige. Diese Verwandlung erfolgt mittelst der beiden nachstehenden, nämlich: Verwandlung der wiederkehrend kreisförmigen Bewegung in continuirlich kreisförmige; Verwandlung der continuirlich kreisförmigen Bewegung in continuirlich geradlinige.

2) Wiederkehrend kreisförmige Bewegung in wiederkehrend geradlinige. Diese Verwandlung erfolgt mittelst eines Getriebes und Zahnstange; sie kann aber auch mittelst eines Hebels und einer Lenkstange oder mittelst eines Balanciers oder Lenkstange bewirkt werden.

3) Wiederkehrend kreisförmige Bewegung in continuirlich kreisförmige. Diese Verwandlung erfolgt mittelst eines Balanciers, einer Kurbelstange und einer Kurbel, und wird durch ein Schwungrad regulirt.

4) Wiederkehrend kreisförmige Bewegung in wiederkehrend kreisförmige. Diese Verwandlung geschieht mittelst zweier Zahnräder oder mittelst zweier Scheiben oder eines Laufriemens, oder auch mittelst zweier Hebel und einer Stange.

Zweites Capitel.

Classification der allgemeinen Maschinenstücke.

Aus der Untersuchung der allgemeinen Charactere der Maschinen, welche in dem vorhergehenden Capitel aus einander gesetzt worden ist, deduciren wir:

1) Daß die allgemeinen Maschinenstücke in zwei besondere Classen zerfallen, nämlich: Erste Classe, Verbindungsstücke. — Zweite Classe, Stücke zur Verwandlung der Bewegung.

2) Daß die am häufigsten angewendeten Stücke zur Verwandlung der Bewegung als zu den folgenden acht Arten angesehen werden können, nämlich, die Stangen, die Leitungen, die Hebel, die Kurbelstange, die Wellen, die excentrischen Scheiben, die Riemenscheiben und Laufriemen, das Räderwerk.

3) Daß die am häufigsten angewendeten Verbindungsstücke die folgenden sind:

Für platte Theile:	die Niete.
	die Bolzen und Schraubenmuttern.
„ Stangen:	die Hülsen oder Kappen.
	die Stopfbüchsen.
„ Leitungen:	verschieden, je nach der Einrichtung.
„ Hebel:	die Achsen.
	die Charniere.
„ Kurbelstangen:	die Charniere.
	die geschlossenen Köpfe.
„ Wellen:	die Zapfenlager.
	die Muffeln.
„ Excentrica:	verschieden, je nach der Einrichtung.
„ Scheiben:	die Achsen.
„ Räderwerke:	die Achsen.

Ehe wir in das Studium der Eigenschaften dieser verschiedenen Maschinenstücke eingehen, um daraus die zweckmäßigsten, verhältnißmäßigen Formen und Dimensionen zu bestimmen, wollen wir einige allgemeine Betrachtungen über die **platten** und **runden** Theile, welche die Basis der Zerlegung in Reihen der Maschinenstücke sind, anstellen.

Platte Theile der Maschinenstücke.

Die platten Theile der Maschinenstücke sind diejenigen, welche zwischen zwei parallelen und wenig von einander entfernten Theilen begriffen sind.

Die Verbindung dieser Theile, welche, wenn sie relativ fest sind, entweder mittelst Nieten, oder mittelst Schraubenbolzen bewirkt wird, und die, wenn eins von ihnen beweglich ist, durch Charniere erfolgt, hat nur für den ersten Fall Interesse, d. h. für die Anfertigung der Dampfmaschinenkessel und für die Befestigung besonderer Maschinenstücke. Wir werden weiter unten, wenn wir von der Anfertigung der Kessel reden, sehen, daß es die Beziehungen sind, welche zwischen den Stärken und den Bedeckungen der Blechtafeln, den Durchmessern, Längen und verschiedenen Entfernungen der Niete stattfinden, damit die Verbindung so zweckmäßig als möglich sei, sowohl in Beziehung auf den erforderlichen Widerstand, als auch in Beziehung der Ersparung an Arbeitslöhnen, und der leichten Reparaturen. Hier reden wir nur von platten Theilen gußeiserner Stücke.

Man unterscheidet drei Arten von Verbindungen, wenn die Fugen über einander liegen und mit Schraubenbolzen versehen sind, und wenn es sich um platte Gußeisenstücke handelt: die Verbin-

dung durch Gußeisenkitt, die Verbindung durch Bleikitt, und die Verbindung durch Aufeinanderpassen.

Die erste Art, welche die schlechteste ist, wurde lange Zeit von den Maschinenbauern, auch selbst bei den wichtigsten Maschinentheilen, wie Dampfcylinder, Luftpumpen ꝛc. angewendet. Jetzt hat man diese Art der Verbindung bei allen Stücken, welche eine genaue Ausführung erfordern, allgemein aufgegeben; man wendet sie nur bei der Zusammenfügung der Platten an, aus denen die Behälter für kaltes Wasser bestehen, wobei sie auch übrigens vollkommen genügt.

Die zweite Art und Weise, welche übrigens nicht besser ist, als die erste, wird noch von vielen Maschinenbauern angewendet, deren Werkzeuge zum Gelingen der dritten Methode unvollständig und unzulänglich ist. Sie besteht darin, daß in die Fugen dünne Bleiplatten gelegt werden, und daß man sie außerdem mit Bleikitt versieht. Das Blei tritt wegen seiner Weichheit, beim Anziehen der Schrauben in die Porositäten des Gußeisens, und die Fugen werden auf dieselbe Weise undicht.

Die dritte Methode, welche von guten Maschinenbauern jetzt ausschließlich angewendet wird, besteht darin, die gegen einander, oder auf einander tretenden Maschinentheile im Gusse stärker zu machen, und sie alsdann mittelst der Hobelmaschine oder auf der Bohrbank, oder auf der Drehbank so zu bearbeiten, daß die Theile ganz genau auf einander, gegen einander, oder in einander passen. Beim Guß der Stücke muß daher hierauf Rücksicht genommen und es müssen die gedachten Theile stärker gemacht werden.

Da die Theile einander unmittelbar berühren, so bleiben die relativen Entfernungen derselben constant, werden sie auch noch so fest zusammengeschraubt, und werden die Apparate auch noch so oft aus einander genommen.

Bei Dampfcylinderdeckeln, so wie überhaupt für alle Stücke, welche einen dichten Verschluß erfordern, werden die Fugen, wiewohl die Theile genau auf einander passen, dennoch zuweilen mit einem dünnen Bleikitt versehen.

Im Allgemeinen haben die auf und gegen einander tretenden Theile dieselbe Stärke, wie die zusammen zu fügenden Stücke.

Außer diesen Hülfsmitteln, deren Zurichtung nur die senkrechten Entfernungen von den Ebenen der Fugen bestimmt, wendet man zur genauen Bestimmung der Stellung der Stücke auf diesen Ebenen, kleine, etwas conische Cylinder an, die man Stifte oder Döbel nennt. Dieselben gehen an gewissen Punkten durch

die beiden platten Theile, welche zusammen gefügt werden sollen, so daß die Schraubenbolzen nur dazu dienen, die Fugenebenen zusammen zu halten. Sie werden hauptsächlich bei den Zapfenlagern angewendet. Jedoch muß hier bemerkt werden, daß diese Stifte meistentheils nur bei den Werkzeugsmaschinen wirksam sind; die Dampfmaschinen erfordern fast immer stärkere Mittel, um die Stücke in ihrer gehörigen Lage zu erhalten.

Runde Theile der Maschinenstücke.

Die runden Theile der Maschinenstücke haben etwa gerade oder gekrümmte Erzeugungslinien.

Die runden Theile mit geraden Erzeugungslinien sind von Innen oder von Außen cylindrisch oder conisch.

Alle Verbindungen runder Stücke bestehen darin, das eine in das andere einzuführen, wobei vorausgesetzt wird, daß beide Theile gleiche und entgegengesetzte Rundungen von geraden Erzeugungslinien haben.

Die runden Theile mit gekrümmten Zeugungslinien sind nur äußerlich und kommen bei den Verbindungen gar nicht vor; wir erwähnen ihrer daher nur, ohne uns weiter damit zu beschäftigen.

Die Durchmesser der runden Theile mit geraden Zeugungslinien sind nothwendig nach den Wirkungen, die sie in einer gegebenen Zeit zu leisten haben, und nach den Stücken, zu denen sie gehören, verschieden; die Dimensionen dieser Stücke sind nothwendig auch nach den Durchmessern ihrer runden Theile verschieden. Nun bedarf man aber für jeden Verbindungstheil besondere Zeichnungen, Modelle und Werkzeuge. Je bedeutender die Anzahl dieser Stücke in einer Werkstatt ist, desto mehr Zeichnungen, Modelle und Werkzeuge für diese besondern Fälle muß man auch haben. Da nun diese Vervielfältigung dieses Materials eine Ausgabe ist, so muß man dieselbe so viel als möglich zu vermeiden suchen; zu dem Ende ist es hinreichend, gleiche Stücke in den möglichst vielen Fällen anzuwenden, d. h. man muß eine Reihe von sich möglichst nahe stehenden, successiven Durchmessern annehmen, um allen Erfordernissen der Construction zu genügen, und dennoch müssen dieselben hinreichend von einander verschieden sein, damit möglichste Ersparung stattfinde. In der Annahme dieser Reihe von Durchmessern beruht eins von den geeignetsten Mitteln, um Ordnung in der Arbeit einzuführen.

Bei cylindrischen Theilen hat die Sache keine Schwierigkeiten, welches aber durchaus nicht der Fall bei conischen Theilen ist,

vorausgesetzt, daß der Durchmesser vom Scheitel bis zur Basis zunimmt.

Da aber die conischen Verbindungen im Allgemeinen nur auf die cylindrischen Theile folgen, so haben wir ein leichtes Mittel, die Kegel, wie die Cylinder in Reihen zu zerlegen.

Was nun die Cylinder betrifft, so ist die Reihe der Durchmesser, welche, nach unserm Dafürhalten, am besten den beiden oben angeführten Bedingungen genügt, in der folgenden Tabelle gegeben.

Tabelle der Durchmesser für volle oder hohle cylindrische Stücke, welche allen Erfordernissen der Construction und der Ersparung des Materials genügen, in Millimetern.

5	35	85	170	350	800	1600
6	40	90	180	375	850	1700
8	45	95	190	400	900	1800
10	50	100	200	450	950	1900
12	55	110	220	500	1000	2000
15	60	120	240	550	1100	2200
18	65	130	260	600	1200	2400
21	70	140	280	650	1300	2600
25	75	150	300	700	1400	2800
30	80	160	325	750	1500	3000

Was nun die Kegel betrifft, so ist es nach unserer Annahme hinreichend, für alle Verbindungen, bei denen sie vorkommen, eine Neigung anzunehmen. Untersucht man zu dem Ende die allgemein angenommenen Neigungen, so findet man, daß sie zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ der Länge schwanken. Unseres Erachtens nach ist eine Neigung von $\frac{1}{10}$ zu stark, und zwar aus zwei Gründen: 1) weil das Ausbohren hohler Theile schwierig ist; und 2) weil die Zusammenfügung nicht hinlänglich zweckmäßig für das Zusammenschrauben ist.

Die Neigung von $\frac{1}{20}$ ist dagegen zu gering, und zwar aus einem entgegengesetzten Grunde: Das Ausbohren der hohlen Theile ist leichter, welches freilich kein Fehler ist; allein die Verbindung hat beim Zusammenschrauben nicht den gehörigen Halt.

Die Neigung von $\frac{1}{15}$ ist demnach die beste und diejenige, welche wir für alle conischen Verbindungen angenommen haben.

Was nun den Durchmesser von einem der beiden Enden des Kegels betrifft, so müssen wir bemerken, daß, da diese Verbindung stets an den cylindrischen Theilen angebracht ist, der Durch-

messer von der Basis des Kegels der mit dem Anfang des Cylinders in Berührung steht, stärker als der des letztern sein muß.

Die Durchmesser der auf diese Weise in Reihen angeordneten runden Theile, die Dimensionen aller Stücke, bei denen diese Theile die Hauptrolle spielen, werden mit diesem Durchmesser in Millimetern, und mit dem Wort Nummer versehen, ausgedrückt. Um demnach ein Zapfenlager zu bezeichnen, dessen Pfannen einen Zapfen von 55 Millimeter Durchmesser aufnehmen sollen, sagt man: Zapfenlager Nro. 55. Eben so sagt man bei Bolzen, deren Durchmesser 21 Millimeter beträgt: Bolzen Nro. 21. u. s. f.

Drittes Capitel.

Allgemeine Verbindungsstücke.

Niete.

Die Niete (Taf. II. Fig. 1.) sind Verbindungsstücke für Blechplatten. Sie bestehen aus Kupfer, oder aus Eisen, je nachdem das Blech selbst aus dem einen oder dem andern dieser Metalle besteht.

Jeder Niet besteht aus dem Kopf und dem Nagel. Der Kopf der eisernen Niete ist cylindrisch, und ist durch eine hinreichende Abplattung von einem Theil des Körpers gebildet, und zwar mittelst eines Werkzeugs, welches wir bei der Kesselschmiederei beschreiben werden. Der Kopf der kupfernen Niete ist entweder kegel= oder halbkugelförmig, je nach der Form des Modells, nach dem sie gegossen worden sind. Der Nagel der Niete ist cylindrisch und hinlänglich lang, daß er mit dem Hammer zusammengestaucht werden kann; diesem Ende giebt man alsdann eine conische Form, und zieht mit Hülfe des entgegengesetzten Kopfes die Blechtafeln zusammen.

Wegen der Dimensionen der Niete im Verhältniß zu der Stärke des Blechs verweisen wir auf die Anfertigung der Kessel, von der in der dritten Abtheilung geredet werden wird.

Schraubenbolzen.

Die Schraubenbolzen (Taf. II., Fig. 2 — 9.) werden hauptsächlich zur Zusammenfügung mit über einander liegenden Fugen platter Stücke angewendet. Sie unterscheiden sich von den Nieten dadurch, daß sie keine Formveränderung erleiden, um den zu erreichenden Zweck zu erlangen, und jede auf diese Weise hervorge=

brachte Verbindung ist in sofern veränderlich, daß sie vielmals aus einander genommen und wieder zusammengesetzt werden kann. Es besteht ein Bolzen aus drei Theilen, nämlich: aus dem Kopf, der Spindel und dem Gewinde.

Der Kopf ist entweder prismatisch mit quadratischer oder sechseckiger Basis, oder auch halbkugelförmig, je nach den Apparaten, bei denen man die Bolzen anwendet, und je nach den Theilen, in denen sie angebracht werden.

Die quadratischen Köpfe werden hauptsächlich bei den gewöhnlichen Bolzen angewendet, d. h. bei solchen, die man an Apparaten benutzt, deren Stücke keine vollständige Zurichtung erfordern, die in sorgfältig bearbeiteten Apparaten versenkt werden. Beispiele: Stücke Schmiedeeisen, die mit der Feile bearbeitet werden, Platten zu den Trögen der Condensationsapparate.

Die sechseckigen Köpfe werden fast allgemein bei allen übrigen Fällen angewendet; zuweilen jedoch, wenn die Stücke sehr ins Gesicht treten, und man darauf hält, die Bolzen zu verstecken, und man nur den Kopf davon sehen soll, so macht man diesen letztern halbkugelförmig. Beispiel: Locomotivengestell.

Die Spindel der Bolzen ist im Allgemeinen cylindrisch, sobald wie der Kopf quadratisch oder sechseckig, und so gestellt ist, daß er leicht mit einem Schlüssel gefaßt werden kann. Ist aber dagegen der Kopf nur schwierig zugänglich oder kugelförmig, so ist es unerläßlich, die Bolzenspindel auf irgend eine Weise so einzurichten, daß er sich während des Anziehens der Schraubenmuttern nicht in seinem Loche drehen kann. Zu dem Ende ist das Kopfende des Bolzens entweder quadratisch, und es tritt dies Ende in eine quadratische Oeffnung, welche in einer der beiden zu verbindenden Platten angebracht worden ist, oder man versieht dieses Ende der Spindel mit einer kleinen Verstärkung, welche entweder sogleich daran geschmiedet, oder die eigens daran angebracht ist, und welche in einen Einschnitt an der Peripherie des cylindrischen Loches einer von den beiden zu vereinigenden Platten tritt.

Das Gewinde der Bolzen ist dreieckig, und hat so viel als möglich einen gleichen eisernen Durchmesser mit dem der Spindel, und eine Länge, welche in den gewöhnlichen Fällen das Drei- oder Vierfache von der Dicke der Schraubenmutter beträgt.

Bei einer Schraubenmutter betrachtet man zwei Theile, nämlich: die Seiten und das Gewinde.

Man unterscheidet nach der Einrichtung der Seiten oder der

äußeren Flächen verschiedene Arten von Schraubenmuttern, nämlich:

1) Vierseitige Schraubenmuttern (Fig. 3 und 4.)

2) Die sechsseitigen Schraubenmuttern zerfallen in: gewöhnliche (Fig. 5 und 6.); — verzierte (Fig. 7.); — abgedrehte (Fig. 8.); — mit Kappen (Fig. 9.).

Die vierseitigen Schraubenmuttern werden, wie die quadratischen Köpfe, ausschließlich bei Verbindungen von Stücken, die nicht sorgfältig ausgearbeitet worden sind, so wie auch bei verborgenen Maschinentheilen angewendet.

Die gewöhnlichen sechsseitigen Schraubenmuttern werden in den meisten Fällen angewendet, hauptsächlich da, wo sie zwar sichtbar sind, sie aber dennoch weniger bemerkt werden, weil sie andere minder wichtige Stücke verbergen.

Die verzierten, abgedrehten, oder mit Kappen versehenen sechsseitigen Schraubenmuttern werden jedesmal dann angewendet, wenn sie durch ihre Stellung die Blicke auf sich ziehen. Was nun die Wahl zwischen diesen drei Formen anbetrifft, so ist sie fast willkürlich; jedoch nimmt man als Regel an, daß sie im umgekehrten Verhältniß der Reihenfolge, in welcher wir sie aufgestellt haben, angewendet werden müssen; die Schraubenmuttern mit Kappen daher, welche die reichsten sind, machen einen um so bessern Effect, je geringer ihre Anzahl ist; es folgen darauf die abgedrehten und dann die verzierten Muttern. Diese letztern werden bei den sorgfältig ausgearbeiteten Maschinen eben so häufig angewendet, als die gewöhnlichen sechsseitigen Muttern bei andern.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Die Bolzen und die Schraubenmuttern bestehen stets aus Eisen. Bezeichnet man den Durchmesser der Spindel mit 1, so erhält man für die proportionalen Dimensionen der andern Theile:

1) Kopf und quadratische Schraubenmutter.	Stärke	1,00
	Diagonale des Quadrats .	2,25
2) Sechsseitiger Kopf und Schraubenmutter.	Stärke	1,00
	Durchmesser des eingeschriebenen Kreises	2,00

Die übrigen verhältnißmäßigen Dimensionen der Schraubenmuttern sind in den Figuren angegeben.

3) Gewinde. Der Schraubengang wechselt zwischen $\frac{4}{6}$ u. $\frac{1}{10}$ von dem Durchmesser der Spindel, je nach den Dimensionen die-

ser letztern. Betrachten wir die folgende Reihe von Schraubenbolzen Nr. 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 25, 30, 35, 40, 45, 50, so sind die zweckmäßigen Gänge die folgenden, nämlich:

1) Durchmesser der Bolzen.	2) Schraubengänge in Millimetern.	1) Durchmesser der Bolzen.	2) Schraubengänge in Millimetern.
Nr. 6	1,0	Nr. 25	3,1
— 8	1,3	— 30	3,7
— 10	1,6	— 35	4,0
— 12	1,7	— 40	4,4
— 15	2,1	— 45	4,8
— 18	2,5	— 50	5,0
— 21	2,6		

Schraubenschlüssel. Das Anziehen der Schraubenmuttern geschieht mittelst Schraubenschlüsseln. Man unterscheidet zwei Arten derselben: Schraubenschlüssel mit festen Backen, und solche mit beweglichen Backen.

Die ersteren, welche die besten sind, bestehen aus einem platten Stück Eisen, welches in einen Kopf ausläuft, dessen Stärke ohngefähr 0,75 von dem Durchmesser des Schraubenbolzen beträgt, für welche sie bestimmt sind. In diesem Kopf ist eine Oeffnung angebracht, dessen Umriß entweder ein vollständiges Polygon, oder, und dies ist am häufigsten der Fall, ein Theil von einem Polygon ist, genau gleich dem des Umrisses von der Schraubenmutter, zu welcher er benutzt werden soll. Bildet die Oeffnung des Schraubenschlüssels kein geschlossenes Polygon, so muß sie bei quadratischen Muttern wenigstens drei, und bei den übrigen vier Seiten haben, von denen zwei, diejenigen, welche die Enden des Hufeisens bilden, die Backen heißen.

Die zweiten, die sogenannten englischen oder Universalschrauben-Schlüssel sind stets mit Köpfen versehen, die drei rechtwinklige Seiten haben. Sie unterscheiden sich von den vorhergehenden nur dadurch, daß eine von den Backen beweglich ist, und auf diese Weise das Anziehen aller Arten und aller Größen von Schraubenmuttern bewirkt werden kann. Sie haben eine verschiedenartige Einrichtung: bei dem einen wird die Entfernung der Backen mittelst eines einfachen Schiebers bewirkt, der mit verschiedenen combinirten Anhaltspunkten versehen ist; bei den übrigen, und dies sind die gewöhlichsten, geschieht das Stellen der Backen mittelst einer Schraube.

Diese Schlüssel, welche sehr schwer und nicht immer anwendbar, sind dennoch sehr zweckmäßig zum Auseinandernehmen der

Maschinen, wenn man keine andern hat. Zum täglichen Gebrauch sind sie nicht zweckmäßig, indem sie die Schraubenmuttern verderben.

Man kann in Beziehung auf diese Schlüssel fast sagen, daß man die Ordnung, welche bei dem Erbauer einer Maschine herrscht, nach der mehr oder weniger häufigen Anwendung des englischen Schlüssels, welche der Maschinenwärter machen muß, beurtheilen kann.

Wirklich trägt die Verschiedenheit in den Dimensionen der Schraubenmuttern, welche ein Maschinenwärter zu behandeln hat, am meisten zu der Gewohnheit der Benutzung des englischen Schlüssels bei. Nun aber hängt diese Verschiedenheit von zwei Ursachen ab, nämlich: 1) von den vielen verschiedenen Durchmessern der angewendeten Bolzen; 2) von der schlechten Anfertigung der Muttern.

In Betreff der erstern Ursach müssen wir bemerken, daß es gar nichts Seltenes ist, noch jetzt 100 verschiedene Durchmesser von Bolzen in einer Maschinenbauwerkstatt zu sehen, während 12 bis 15 verschiedene Arten für alle Fälle der Anwendung dieser Maschinentheile genügen.

Der Maschinenbauer, welcher die Anzahl und die Durchmesser seiner verschiedenen Bolzen kennt, kann im voraus die Schlüssel für jede Nummer anfertigen lassen, und vergißt es nicht, alle diejenigen mit abzuliefern, die zu einer verkauften Maschine gehören.

Im entgegengesetzten Falle liefert er gar keinen mit ab, oder solche, die gar nicht benutzt werden können.

Was nun die zweite Ursach betrifft, so müssen wir bemerken, daß die Schraubenmuttern, wenn sie gut sein sollen, mit Maschinen geschnittene Seiten haben müssen.

Wenn man daher bei einer Maschine Bolzen antrifft, deren Dimensionen für einen und dieselben Zwecke verschieden sind, und Schraubenmuttern von verschiedenen Dimensionen für Bolzen von einem und demselben Durchmesser, so kann man in Wahrheit sagen, daß der Maschinenbauer, welcher diese Maschinen gebaut, keine Ordnung in seiner Werkstatt hat, und daß demnach seine Maschine mangelhaft genannt werden muß. Untersucht man dieselbe mit Aufmerksamkeit, so wird man sehr bald Stücke bemerken, die sich außerhalb der Ebene ihrer Normalbewegung bewegen, und deren Pfannen sich unregelmäßig abnutzen,

oder aber Fugen haben, welche mit Eisen- oder Bleikitt ausgefüllt sind.

Hülsen oder Kappen.

Die Hülsen oder Kappen sind Verbindungsstücke runder Stangen, entweder unter einander, oder mit andern Stücken. Sie bestehen aus Schmiede- oder aus Gußeisen, und zerfallen in folgende verschiedene Arten:

1) Cylindrische Hülsen:	Gerade Hülsen mit Clavette oder mit Schraube. Charnier-Hülsen mit Clavette oder Schraube. Hülsen in Form eines T, nur mit Clavette.
2) Conische Hülsen:	Gerade Hülsen mit Clavette. Umgekehrte Hülsen mit Schraube.

Die cylindrischen Hülsen werden zur Längenverbindung einer Stange mit der andern, einer Stange mit einer Kurbelstange oder Achse angewendet.

Zur Verbindung einer Stange mit der andern wendet man die gerade Hülse mit Clavette (Taf. II. Fig. 10.) oder mit Schraube (Fig. 11.) an.

Zur Verbindung einer Stange mit einer Kurbelstange wendet man die Hülse mit Charnier und mit Clavette an (Fig. 12 und 13.), oder mit Schraube (Fig. 14 und 15.) an.

Zur Verbindung einer Stange mit einer Achse gebraucht man die Tförmige Hülse mit Clavette (Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22.).

Die conischen Hülsen werden zur Verbindung einer Stange mit platten Stücken, wie Dampf- und Pumpenkolben, angewendet.

Es giebt keine recht bestimmte Regel für den Vorzug der einen oder der andern Art der conischen Hülsen; es hängt diese Wahl hauptsächlich von der Richtung ab, in welche es bequemer ist, die Stange einzuführen.

Fig. 23. stellt eine gerade conische Hülse mit Clavette dar.

Fig. 24. stellt eine umgekehrte conische Hülse mit Schraube dar.

Theorie und verhältnißmäßige Formen und Dimensionen der Hülsen.

Die Hülsen sind denselben Einwirkungen des abwechselnden Zuges und Druckes unterworfen, als die in ihrem Innern ange-

brachten Stangen; ihr geringster Querschnitt muß daher folglich der Durchschnitt dieser Stangen sein.

Es sei D der Durchmesser einer eisernen Stange und e die Dicke der Umgebung, welche der ebenfalls eisernen Hülse angehört; da nun der Querschnitt der Umgebung gleich dem der Hülse sein muß, so muß der ganze Querschnitt der doppelte von diesem letztern sein, und man hat:

$$(D + 2\ e)^2 = 2\ D^2.$$

Zieht man die Quadratwurzeln aus, so erhält man:

$$D + 2\ e = D \sqrt{2} = D \times 1{,}414$$

daher $2\ e = 0{,}414\ D$

und $e = 0{,}207\ D.$

Dies deutet an, daß die Stärke der Hülse wenigstens gleich $\frac{1}{5}$ von ihrem innern Durchmesser sein muß.

Bemerkt man nun, daß, wenn die Hülse eine Clavette hat, dadurch zwei Oeffnungen veranlaßt werden, welche den Durchschnitt ihrer ganzen Dicke vermindern, so müssen wir daraus folgern, daß es zweckmäßig ist, die Hülse stets stärker zu machen, als ihre theoretische Dimension ist, und daher machen wir sie gleich $\frac{1}{4}$ von dem innern Durchmesser.

Die Dimensionen der Clavette oder des Schließkeils, wenn es deren nur eine giebt, oder der Clavetten, wenn die Verbindung mit Clavetten und Gegenclavetten bewirkt wird, werden durch die Erfahrung bestimmt, indem sie nach dem theoretischen Resultat zu schwach ausfallen würden.

Für alle Clavetten-Oeffnungen, es sei nun nur eine oder zwei, nehmen wir dieselben Dimensionen an, nämlich:

Länge . . . . 0,9 D

Stärke . . . . 0,2 D

wobei D der Durchmesser der Hülse ist.

Diese Oeffnungen sind so eingerichtet, daß, wenn die Stange bis auf den Boden eingeführt worden ist, eine Differenz von 0,1 D für das Anziehen, zwischen den beiden correspondirenden Löchern der Hülse und der Stange (Fig. 12 und 13.) stattfindet.

Diese Differenz von 0,1 D auf jeder Seite, giebt für die Höhe der Clavette nur 0,8 D.

Die Länge der Hülse wird bestimmt, wenn man bemerkt, daß es zweckmäßig ist, wenigstens eine Berührungslänge zu haben, welche gleich dem Durchmesser über und unter der Clavette ist, wenn die Stange keinen Spielraum haben soll; es folgt daraus, daß diese Länge gleich D + 0,8 D = 2,8 D.

Da die Formen und übrigen verhältnißmäßigen Dimensionen in den Figuren gegeben worden sind, so halten wir es nicht für zweckmäßig, sie hier mitzutheilen. Wir bemerken nur, daß der Durchmesser des Stangenkörpers stets größer, als der Durchmesser der Verbindung ist. Dies rührt daher, daß man zuweilen den Rand der Stange gegen das Ende der Hülse stoßen läßt, statt daß ihr Ende auf dem Boden aufstößt, denn da die Hülsen nicht ausgebohrt werden können, so haben sie nicht immer den genauen Durchmesser der Stange. Endlich giebt man der Stange oft einen etwas stärkern Durchmesser, damit sie von Zeit zu Zeit etwas abgedreht werden kann, wenn sie durch die Abnutzung ihre cylindrische Form verloren hat. Ohne alle Gründe aufzusuchen, die ein solches Verfahren rechtfertigen, glauben wir, daß es zweckmäßig ist, sich an diese eigenthümliche Verbindung zu halten, welche einmal allgemein angenommen worden ist.

Wenn die Hülse mit einer Schraube versehen ist, so sind die Dimensionen des Schraubenganges diejenigen, welche wir weiter oben für die Schraubenmuttern und Bolzen angegeben haben. Die Länge und die Dicke sind dieselben wie vorhergehend.

Gerade cylindrische Hülsen. Die geraden cylindrischen Hülsen mit Clavette werden bei den Balancier-Dampfmaschinen angewendet, um die beiden Theile der Luftpumpenstange zu verbinden, welche man auf diese Weise theilt, um den Deckel leicht abnehmen zu können.

Die geraden Hülsen mit Schrauben werden nur zur Verbindung der Stangen bei dem Erdbohrer angewendet.

Cylindrische Hülsen mit Charnieren. Sie unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß sie allein ein vollständiges Stück bilden. Wenn sie eine Clavette haben, so sind die Dimensionen ihres Kopfes dieselben, als die der einfachen Charniere, welche wir weiter unten kennen lernen werden; wenn sie mit Schrauben versehen sind, so ist ihr Kopf derselbe, wie bei einem doppelten Charniere.

Die Schraubenbolzen unterscheiden sich von den vorhergehenden durch den Körper, welcher äußerlich conisch ist, damit das Eisen, da wo die Gabeln vorhanden sind, eine hinlängliche Stärke behält.

Die Hülsen mit Charnieren werden bei den Maschinen sehr häufig angewendet; mit Clavette dienen sie zur Bewegung der Speise- und der Kaltwasserpumpen; mit Schraube dienen sie zur Bewegung der Hebel für die Vertheilungsventile; allein in die-

sem Fall nehmen sie eher Lenkstangen, als bloße Stangen auf. Da in diesem Fall das aufzunehmende Stück nicht mit einer Verstärkung zum Anziehen versehen ist, so haben sie, vorausgesetzt, daß die Schraube den Zweck hat, die Länge der Stange zu verändern, eine Mutter, welche, indem man sie anzieht, das Schwanken des mit Schraubengewinden versehenen Theils der Stange in der Hülse verhindert.

Cylindrische Hülsen in der Form eines T. Diese Hülsen, welche besonders bei der Verbindung der Kolbenstangen mit den Achsen der Leitungen verwendet werden, haben je nach der Einrichtung dieser Leitungen selbst, verschiedene Formen.

Besteht die Leitung aus einem Parallelogramm oder Storchschnabel, wie bei den Balancier-Maschinen, so hat die Hülse die Form von Fig. 16.

Wenn die Leitung aus Schlitten und Rahmen besteht, wie bei den Locomotiven, so hat die Hülse die Form der Fig. 17 und 18.

Besteht die Leitung aus Frictionsrollen und Falzen, wie bei den Maschinen mit zwei Kurbelstangen, so ist die Stange direct mit der Achse, mittelst einer cylindrischen Hülse (Fig. 19 und ff.) verbunden, und die Achse erhält eine andere Form und heißt Querstange. Die Stange und die damit verbundene Querstange bilden alsdann wirklich ein T. Es wird diese Verbindung aber nicht allein zur Leitung einer Stange, sondern auch dazu angewendet, um ihr eine Bewegung mitzutheilen, wie bei der Dampfvertheilung mittelst Schiebern. Mag man aber die Querstange anwenden, wie man will, so verändert sie doch ihre Form im Allgemeinen nicht; die Hülse herrscht auf der ganzen Höhe des Stücks; nur erfolgt ihre Verbindung mit der Stange, entweder mit einer Clavette oder mit einer Schraube, und zuweilen selbst mit beiden, wie bei den Schiffsdampfmaschinen.

Wenn die Verbindung mit einer Clavette bewirkt wird, so ist die Hülse cylindrisch und hat einen Absatz (Fig. 19.); erfolgt aber die Verbindung durch eine Schraube, so ist die Hülse entweder mit Schraubengewinden versehen und hat zwei Muttern (Fig. 20.), von denen die eine darunter, und die andere darüber angebracht ist; oder sie ist cylindrisch und hat vier Muttern (Fig. 21.), von denen zwei darüber und zwei darunter.

Wenn die Verbindung mit Clavette und Schraube bewirkt worden, so ist die Stange cylindrisch, hat einen Vorsprung und ein Schraubengewinde, welches eine Mutter aufnimmt (Fig. 22.).

Conische Hülsen. Die Neigung der conischen Hülsen ist die, welche wir weiter oben bei den runden Theilen angegeben haben; ihre Länge ist der der gewöhnlichen Hülsen, d. h. 2,8 **D**; ihr Durchmesser am Anfang der Stange ist die Nummer über der der Stange.

Stopfbüchsen.

Die Stopfbüchsen (Fig. 25 und 26.), sind Stücke, welche den Zweck haben, die Verbindung zwischen zwei Mitteln zu unterbrechen, in denen sich eine Stange oder eine Welle bewegt. Sie bestehen aus vier Theilen, nämlich:

Die Büchse, die Garnitur oder Stopfung, der Ring und der Deckel.

Die Büchse ist ein hohler Cylinder, gewöhnlich mit dem Scheider, welcher die beiden Mittel trennt, aus einem Stück gegossen; sie hat den Zweck, die Stopfung oder Liderung aufzunehmen, mittelst welcher die vollständige Trennung der an einander liegenden Mittel erfolgt.

Die Liderung besteht im Allgemeinen aus Hanflunten, die mit Oel und Talg getränkt sind, die um die Stange gewickelt, und zwischen der Scheibe und dem Deckel stark zusammengedrückt werden.

Seit einigen Jahren hat man es jedoch versucht, wie bei den Kolben, statt der Hanfliderung, eine ganz aus Metall bestehende anzuwenden. Diese Metallliderungen bestehen aus einer Reihe von übereinander liegenden Ringen, von denen jeder aus drei gleichen Theilen besteht, die durch eiserne Federn, welche gegen die innere Wand der Büchse treten, gegen die Stange gedrückt werden. Die Fugen der Theile, aus denen die Ringe bestehen, haben einen gewissen Spielraum für das Anziehen, und werden von einem vollen Theil des auf- und des darunter liegenden Ringes gedeckt, so daß durchaus kein Dampf entweichen kann. Durch den Deckel der Stopfbüchse werden diese Ringe gehindert, die Stange bei ihrer Bewegung zu begleiten.

Der Ring besteht aus Messing und liegt auf dem Boden der Büchse, um zu verhindern, daß die Liderung nicht mit der Stange durch die untere Oeffnung der Büchse geht. Man könnte die Anwendung des Ringes leicht vermeiden, wenn man dieser Oeffnung denselben Durchmesser, wie der Stange gäbe; allein man hütet sich wohl, zu einer so schädlichen Einrichtung zu greifen, weil in diesem Falle: 1) Die Bewegung der Stange eine Reibung

veranlaßt, welche auf die Länge die in Berührung stehenden Theile abnutzt und nach und nach den Spielraum vergrößert, welcher zwischen der Stange und der innern Oeffnung der Büchse stattfindet. Ist dieser Spielraum zu bedeutend geworden, so muß man entweder die ganze Büchse auswechseln, d. h. den Scheider, mit welchem sie aus einem Stück gegossen ist, oder man muß einen Ring hineinlegen, der, da die ganze Einrichtung nicht darnach gemacht worden ist, die Höhe des Raumes vermindert, den die Liderung einnimmt. 2) Wenn die Büchse aus Gußeisen besteht, und die Oeffnung denselben Durchmesser als die Stange hat, so würde die Reibung Streifen auf der letztern veranlassen und sie unbrauchbar machen.

Es ist daher jedenfalls zweckmäßig, bei den Stopfbüchsen Ringe anzuwenden, theils, weil sie sich leicht auswechseln lassen, sobald sie abgenutzt sind, und weil sie aus einem weichen Metalle bestehen, welches die Stange nicht verderben kann.

Die Ringe sind entweder flach, oder nach der Seite der Liderung zu concav, wie es die Figur angiebt. Diese Concavität hat den Zweck, die horizontale Wirkung des senkrechten Druckes von dem Deckel auf die Liderung zu verstärken, und auf diese Weise eine stärkere Verdichtung zu erlangen.

Der Deckel ist ein beweglicher Ring oder Cylinder, durch welchen ein Druck auf die Liderung hervorgebracht wird. Zu dem Ende ist er entweder mit einem Schraubengewinde versehen, in welchem Fall der Druck unmittelbar stattfindet, oder er hat zwei oder drei Ohren, in welchem letztern Fall der Druck mittelst Bolzen und Schraubenmuttern bewirkt wird.

Man unterscheidet zwei Arten von Schraubendeckeln, nämlich: Deckel mit innern und solche mit äußeren Schraubengewinden.

Die ersteren (Fig. 27.) bestehen aus zwei Theilen, nämlich aus der Liderungspresse und aus der Schraubenmutter. Die erstere ist ein hinreichend dicker Ring, und die Mutter ist eine Art von Hülse, die mit Schraubengewinden und äußerlich mit 6 Flächen versehen ist. Bei solchen Deckeln ist die Büchse außerhalb mit Gewinden versehen.

Die zweiten (Fig. 28.) bestehen aus einem einzigen Stück und endigen oben in eine sechsseitige Verstärkung, auch um das Anziehen zu erleichtern. Bei diesen Deckeln ist die Büchse im Innern mit Schraubengewinden versehen.

Von diesen beiden Arten von Deckeln ist der erstere ohne

Widerrede der bessere, allein er kann wegen des vielen dazu erforderlichen Materials nur bei geringen Durchmessern angewendet werden. Der zweite, welcher bei größern Durchmessern als wohlfeiler stets vorgezogen wird, hat das Nachtheilige, daß die Liderung beim Anziehen der Schraube stets in das Gewinde geräth und dasselbe sehr rasch zerstört. Uebrigens können diese beiden Arten von Deckeln nur bei Stopfbüchsen von Bronze oder Messing zweckmäßig angewendet werden; bei Gußeisen sind sie, da die in dasselbe eingeschnittene Schraubengewinde sich sehr leicht abnutzen, ganz unbrauchbar.

Die Deckel mit Ohren oder Lappen sind die festesten, und werden deßhalb auch am häufigsten angewendet. Die mit zwei, einander gegenüberstehenden Lappen, haben gegen die mit drei Lappen den Vorzug, daß sie sich den Querschwankungen der Kolbenstange fügen, wenn sich dieselbe nicht theoretisch in einer geraden Linie bewegt, wie dies der Fall bei den Dampfcylindern ist, die mit einem Watt'schen Parallelogramme versehen sind; außerdem ist die Verdichtung der Liderung mit zwei Bolzen hinreichend, und es sind daher die auf diese Weise eingerichteten Deckel die am häufigsten angewendeten. Ihre Verbindung mit der Büchse ist bei verschiedenen Maschinenbauern verschieden. Die Büchse ist entweder selbst mit Lappen versehen (Fig. 25 und 26., Taf. II.), in denen die untern Enden der befestigten Bolzen befindlich sind, welche Befestigung entweder durch ein Schraubengewinde, oder durch eine Clavette, je nach der Wichtigkeit der Stange, bewirkt wird, oder die Büchse ist rund und auf der Drehbank polirt (Fig. 29.); die Bolzen sind alsdann unten mit runden Köpfen versehen, durch welche starke Schrauben gehen, welche in die Büchse eingeschraubt werden. Diese letztere Verbindung ist jedoch weit kostbarer und weniger fest als die andere; man wendet sie vorzugsweise bei solchen Theilen gut gearbeiteter Maschinen an, welche ins Auge fallen.

Verhältnißmäßige Dimensionen der Stopfbüchsen.

Man unterscheidet bei den Stopfbüchsen drei von einander unabhängige Hauptdimensionen, nämlich:

Den Durchmesser der Stange d;

den innern Durchmesser der Büchse D;

den Durchmesser der Bolzen δ.

Die folgende Tabelle giebt für Durchmesser der Stange zwischen 10 und 100 Millimetern die, unserer Annahme nach, zweck-

mäßigsten correspondirenden Durchmesser der Büchse und der Bolzen an.

Durchmesser der Stange d.	Durchmesser der Büchse D	Durchmesser der Bolzen δ.	Durchmesser der Stange d.	Durchmesser der Büchse D	Durchmesser der Bolzen δ.
Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.
Nr. 10	30	10	Nr. 55	95	18
— 12	35	10	— 60	100	21
— 15	40	10	— 65	110	21
— 18	45	12	— 70	120	21
— 21	50	12	— 75	130	25
— 25	55	12	— 80	130	25
— 30	65	15	— 85	140	25
— 35	70	15	— 90	150	30
— 40	75	15	— 95	150	30
— 45	85	18	— 100	160	30
— 50	90	18	—		

Was nun die übrigen Dimensionen der Stopfbüchsen anbelangt, so verweisen wir auf die Fig. 26.

Naben, Keile und Schlüsselkeile.

Die Naben sind die Verbindungsstücke mit den Wellen oder Achsen aller sich um sie bewegender Stücke. Sie bestehen entweder aus Schmiede- oder aus Gußeisen, je nach der Beschaffenheit des Metalles der Stücke, denen sie angehören; sie bestehen aus einem entweder cylindrischen oder prismatischen Ringe, je nach dem Querschnitt der Welle, da, wo die Verbindung stattfindet.

Früher, als noch die Bohrmaschinen wenig verbreitet waren, wurde die Verbindung der Naben mit den Wellen mittelst doppelter eiserner Keile bewirkt, welche man von mehrern Seiten zwischen die äußern Flächen der Welle, und die innern Flächen der Nabe eintrieb, indem der Umfang der letztern etwas größer als der der erstern war. Diese Operation, das sogenannte Verkeilen, war sehr schwierig, da man die Stücke concentriren mußte, indem man sie fest auf die Welle keilte. Jetzt hat man diese Art der Befestigung aufgegeben, indem man sowohl den Tragepunkt der Welle, als auch die Nabe cylindrisch macht, und ihnen gleichen Durchmesser giebt.

Um die Naben auf den Wellen zu befestigen, wendet man zwei Arten von Keilen an, von denen die eine prismatisch, mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt, zur Hälfte in der Welle und zur Hälfte in der Nabe sich befindet. Die andere Art

ist etwas conisch, hat einen halbkreisförmigen Querschnitt, liegt in der Nabe und bietet seine flache Seite der Welle dar, die an dem Berührungspunkte etwas vertieft ist.

Man nennt den ersten Schlüssel oder Schließkeil, indem er wirklich das Losegehen des Stücks auf der Welle verhindert.

Den zweiten nennt man Ziehkeil, weil, wenn er mit Kraft eingetrieben wird, jede Bewegung des Stücks auf der Welle verhindert.

Die resp. Lagen dieser beiden Theile sind nicht vollständig bestimmt. Der Schlüsselweg oder der Falz der Nabe, welcher zur Aufnahme des Schließkeils dient, wird stets an demjenigen Orte angebracht, wo am meisten Material vorhanden ist, damit die daraus erfolgende Schwächung die möglichst geringste ist. So befindet sich bei einer Kurbel der Schlüsselweg in der Mitte des Raums, der durch die Verbindung des Armes mit der Nabe eingenommen worden ist; bei einem Zahnrade befindet sich der Schlüsselweg ebenfalls in der Mitte eines Armes.

Der Falz des Ziehkeils nimmt verschiedene Stellen bei den Maschinenbauern ein, und diese Punkte sind auch nach dem Spielraum verschieden, welche die beiden in Berührung stehenden Oberflächen haben, so wie auch endlich nach dem Grade der Genauigkeit, nach welchem man den Mittelpunkt der Nabe bestimmt, wenn man sie auf die Drehbank gebracht hat.

Wenn die beiden Cylinder, der innere und der äußere, vollkommen gleich sind, und keinen Spielraum darbieten, so ist es zweckmäßig, daß der Ziehkeil im rechten Winkel, oder in vier Drittel rechten Winkeln mit dem Schließkeil angebracht wird, so daß drei Hauptberührungspunkte entstehen: die beste Bedingung, um eine unerschütterliche Verbindung zu erlangen. Wenn sich dagegen der Ziehkeil an dem andern Ende des Durchmessers befindet, welcher durch den Schließkeil geht, so giebt es nur zwei scharfe Berührungspunkte, und die Folge davon ist, daß die Nabe stets schwankt, vorausgesetzt, daß die vollkommne Genauigkeit in der Gleichheit der Durchmesser nicht im Allgemeinen erlangt werden kann.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Die Fig. 30 und 31. (Taf. II.) geben die verhältnißmäßigen Dimensionen einer schmiedeeisernen Nabe, die mit ihren Schlüssel-

wegen für die Schlüssel und Keile versehen ist. Die Fig. 32 und 33. geben die einer gußeisernen Nabe.

Man wird bemerken, daß die Fig. 33. drei Längen für die gußeiserne Nabe angiebt, nämlich 1,2; 1,5; 2. Die erstere wird gewöhnlich für Kurbeln und andere ähnliche Stücke angewendet; die zweite für Räderwerke und andere ähnliche Stücke. Die dritte wird zuweilen auch für Zahnräder angewendet, hauptsächlich aber für Naben, welche Wellen mit einem oder auch mit zwei Zapfen an den Enden aufnehmen.

Die Stärke der Naben läßt sich nicht nach dem relativen Widerstand für die Torsion berechnen, vorausgesetzt, daß die größte Anstrengung, welche sie zu überwinden haben, die des Ziehkeils ist, welcher sie zu zerbrechen sucht; es sind demnach praktische Dimensionen, welche wir hier angeben.

Die schmiedeeisernen Naben haben am häufigsten die in der Figur angegebene theoretische Form; zuweilen ist es jedoch der Fall, daß man zur Verzierung die beiden scharfen Kanten, welche den Durchschnitt des äußern Cylinders und der beiden Endebenen bilden, durch eine Viertelhohlkehle ersetzt.

Bei gußeisernen Naben läßt man die Kante fast immer weg. Sie werden alsdann durch Viertelhohlkehlen oder durch einen Stab ersetzt und zuweilen durch beide. Diese Einrichtung ist fast nothwendig wegen der großen Stärke, welche man dem Gußeisen rings um die Oeffnung giebt. Im Allgemeinen ist es zweckmäßig, daß man die Hohlkehlen und Stäbe sogleich beim Guß herstellt, da sie fast gar nichts kosten, und da sie diesem Metall ein um so angenehmeres Ansehen geben, da das Eisen durch seine Form und Mattigkeit, so wie auch durch das Massive der Stücke, wenig Angenehmes hat.

Für die Hohlkehlen der Naben giebt es eigentlich keine verhältnißmäßigen Dimensionen, indem sie nach den Stücken selbst sehr verschieden sind. Wir werden sie weiter unten bei den Stücken selbst näher kennen lernen.

Charniere, Gelenke oder Gewinde.

Die Charniere, Gelenke oder Gewinde bilden im Allgemeinen Verbindungen beweglicher Stücke, entweder unter einander, oder mit festen Stücken. Bei den Dampfmaschinen betrachten wir unter diesen Benennungen Theile, welche die Enden von den drei folgenden Stücken bilden, nämlich: die Kurbel- oder Lenkstangen, die Hülsen, die Hebel.

Man unterscheidet zwei Arten von Gelenken: solche mit Bolzen und solche mit Zapfen oder Achsen.

Die ersteren werden hauptsächlich dann angewendet, wenn die zu vereinigenden Stücke eine secundäre Wichtigkeit, oder wenn sie keine großen Anstrengungen auszuhalten haben.

Die zweiten muß man nothwendig immer dann anwenden, wenn große Widerstände zu überwinden und große Reibungen auszuhalten sind.

1) Gelenke mit Bolzen.

Die Bolzen-Gelenke bestehen im Allgemeinen aus Schmiedeeisen und haben drei Haupttheile, nämlich: den Kopf (Fig. 34 und 35., Taf. II.), die Gabel (Fig. 35 und 36.), der Bolzen A (Fig. 36.).

Wenn die zu verbindenden Stücke zwei Lenker sind, so ist der eine von ihnen mit dem Kopf, und der andere mit der Gabel versehen. Der Uebergang des Gelenkes zu den runden Theilen eines jeden Lenkers findet mittelst Verlängerungen statt, von denen die eine einen quadratischen, und die andere einen regelmäßig achteckigen Durchschnitt hat, umschrieben auf eine Peripherie von einem etwas stärkern Durchmesser, als der ist, wo die Rundung beginnt.

Wenn die zu vereinigenden Stücke ein Lenker und eine Hülse sind, so ist jene mit der Gabel versehen, wenn die Hülse eine Clavette hat, und mit einem Kopf, wenn die Hülse eine Schraube hat.

Bestehen die zu vereinigenden Stücke aus einem Lenker und einem Hebel, so ist jener mit wenigen Ausnahmen stets mit der Gabel versehen.

Wenn die zu verbindenden Stücke eine Hülse und ein Hebel sind, so hat der letztere die Gabel, wenn die Hülse mit einer Clavette versehen ist, und mit einem Kopf, wenn die Hülse eine Schraube hat.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Die hauptsächlichsten verhältnißmäßigen Dimensionen der Gelenke sind die folgenden, nämlich:

Wenn der Durchmesser des Bolzens 1 ist, so ist der des Anfanges von dem Körper des Lenkers 1; die Eisenstärke um den Bolzen ist gleich 0,6, und die Stärken der Köpfe 1,2 für den Kopf, und zweimal 0,75 für die Gabel.

Das Verbindungsquadrat zwischen dem Kopf und dem Körper des Lenkers hat in der Gabel 1,2 für die Seite, während in dem Kopf es nur 1,2 auf 1,1 hat. Diese Verminderung in einer der Dimensionen wird durch den größern Vortheil veranlaßt, den für die Construction die Leichtigkeit hat, die daraus folgt, den Kopf etwas abzudrehen, welches nicht der Fall sein könnte, wenn man 1,2 in beiden Richtungen ließe.

Die Figuren geben hinreichend die übrigen proportionalen Dimensionen an.

2) Gelenke mit Zapfen oder Achsen.

Die Gelenke mit Zapfen, welche besonders bei den Verbindungen der Lenker angewendet werden, deren Arbeit von einiger Wichtigkeit ist, haben entweder einen Kopf und eine Gabel, wie die vorhergehenden, oder sie haben nur zwei Köpfe.

Wenn diese Gelenke Kopf und Gabel haben, so bieten sich zwei Fälle dar, je nachdem der Lenker den einen oder den andern von diesen Theilen trägt.

Ist der Lenker mit einer Gabel versehen, so ist die Achse in dem Kopf befestigt, womit das andere Stück versehen ist, und bietet dem Lenker zwei Zapfen dar, von denen auf jeder Seite des Kopfs einer vorhanden ist.

Hat der Lenker einen Kopf, so ist die Achse in den beiden Theilen der Gabel befestigt, mit denen das andere Stück versehen ist, und bietet dem Lenker einen einzigen Zapfen dar, der in der Mitte angebracht ist.

In beiden Fällen ist die Art und Weise der Verbindung eines jeden Zapfens der Achse mit dem Ende des Lenkers dieselbe, und wird mittelst eines beweglichen Endes bewirkt.

Haben diese Gelenke zwei Köpfe, so ist die Achse stets in dem Kopf desjenigen Stücks befestigt, welches sich mit dem Lenker verbindet, und bietet diesem letztern einen einzigen Zapfen dar, und die Verbindung wird mittelst eines festen Endes bewirkt.

Bewegliches Ende. Ein solches (Fig. 37, 38, 39, 40, 41., Taf. II.) besteht aus drei Theilen, nämlich: aus dem Bügel **A**, den Futterstücken **BB′** und aus den Clavetten **CC′**.

Die Futterstücke bestehen aus einem hohlen Cylinder, der durch zwei parallele Schnitte in zwei Theile getrennt ist, die einen kleinen Spielraum zwischen sich lassen. Sie haben den Zweck, die Reibung der Verbindung so gering als möglich zu machen und sich mehr abzunutzen, als der eiserne Zapfen, den sie umgeben; in

dem Maß, daß sie sich nun abnutzen, müssen sie auch einander genähert werden.

Der Bügel hat den Zweck, die Futterstücke an ihrem Ort zu erhalten und mit dem Lenker zu verbinden. Zu dem Ende haben die Futterstücke außerhalb Vorsprünge oder Backen, wodurch sie verhindert werden, aus dem Bügel herauszugehen, wenn sie einmal von demselben umfaßt sind. Außerdem ist dieser letztere mit zwei Clavetten versehen, von denen die eine C als eigentlicher Keil wirkt, während der andere C′ die sogenannte Gegenclavette ist.

Die Oeffnungen in dem Bügel und in dem Ende des Lenkers haben ebenfalls einen dem Zusammentreiben der Futterstücke entsprechenden Spielraum. Um nun dies Zusammentreiben zu bewirken, ist es hinreichend, die Clavette C, welche, so wie die Gegenclavette C′, eine Verjüngung von $\frac{1}{15}$ haben, mit Hammerschlägen einzutreiben.

Die Futterstücke haben dreierlei hauptsächliche äußere Formen, welche in verschiedenen Werkstätten vorherrschen, nämlich: 1) die spitzbogige; 2) die achteckige; 3) die quadratische Form.

Die spitzbogige Form (Fig. 37 und 38., Taf. II.), welche häufig nur für das obere Futter **B**, aber auch für beide angewendet wird, hat nachstehende Mängel, so daß man sie immer mehr und mehr aufgiebt. Wenn die Futterstücke auf den Zapfen festgekeilt sind und man setzt die Maschine in Betrieb, so suchen sie aus ihrer Stellung zu kommen und sich mit dem Zapfen in dem Bügel zu drehen. Um dies zu vermeiden, versieht man sie am obern Theile mit kleinen Lappen, welche in das Innere von Schlitzen treten, die an der innern Seite des Bügels angebracht worden sind. Obgleich diese Lappen ihren Zweck sehr gut erfüllen, so wird es doch durch sie unmöglich, das Aeußere der Futter umzukehren; auch muß man sie mit der Feile vollenden, welches viel Arbeit verursacht und keine große Genauigkeit gewährt. Die achteckige Form (Fig. 1 und 2., Taf. **III.**) vermeidet diese Nachtheile zum Theil, ohne daß dadurch eine Vermehrung des Materials stattfände; jedoch kommen Fälle vor, in denen auch diese Einrichtung nicht ausreicht. Außerdem haben auch die rechteckigen Futterstücke kein so angenehmes Ansehen als die vorhergehenden.

Die quadratische Form (Fig. 39, 40 und 41., Taf. **II.**) ist ohne Widerrede die beste von den dreien. Sie leistet in allen Fällen, welche sich darbieten können, die erforderliche Festigkeit, ohne daß dazu mehr Material nöthig ist. Anfänglich wurden die

Futter dieser Art ausschließlich beim Maschinenbau angewendet; später wurden sie durch die beiden andern Arten ersetzt, deren geringe Stabilität hauptsächlich bei den Locomotiven wahrgenommen wurde; man nahm daher die quadratische Form wieder auf, und jetzt wird ihr von allen Ingenieuren der Vorzug gegeben.

Wir dehnen uns hier nicht auf die andern Formen und Dimensionen aus, welche man den Futterstücken, den Bügeln und den Clavetten giebt, indem die Figuren das Erforderliche über diese beiden Punkte sagen. Wir bemerken nur noch, daß der Anfang des runden Lenkenkörpers, wie bei den einfachen Gelenken, denselben Durchmesser als die Zapfen der Achse hat.

Festes Ende der Lenker. Diese Einrichtung (Fig. 3. u. 4., Taf. III.), welche man auch geschlossenen Kopf nennt, besteht, wie die vorhergehende, aus drei Theilen; der Bügel ist ein Gelenkkopf, der im Innern mit Futtern versehen ist, welche durch eine einzige Clavette festgekeilt werden.

Von dem beweglichen Ende ist diese Einrichtung darin wesentlich verschieden, daß die Abnutzung der Futter eine Verlängerung des Lenkers bewirkt, während bei der andern Einrichtung diese Abnutzung eine Verkürzung veranlaßt.

Diese Resultate taugen beide nichts, vorausgesetzt, daß bei gewissen Maschinentheilen, z. B. den Parallelogrammen, durch Veränderungen ihrer Dimensionen, auch die Genauigkeit verloren geht. Man verhindert diese Mängel zum Theil dadurch, daß man kleine Platten von dünnem Blech zwischen die Futter und die Bügel legt; allein es ist dieß ein sehr nachtheiliges Verfahren. Soll die fortwährende Genauigkeit scharf sein, so ist es zweckmäßiger, den obern Theil des festen Bügels, eine oder zwei Schrauben anzubringen, welche unmittelbar auf das Futter oder auf ein Zwischenstück wirken, und deren Losziehen durch zwei äußere Muttern verhindert wird. Für die beweglichen Enden hat man mehrere Einrichtungen derselben Art ausgedacht, die nur schwieriger auszuführen sind.

Die Form der geschlossenen Köpfe ist nach der Beschaffenheit der Arbeit, welche sie auszuführen haben, sehr verschieden. Für Pumpenstangen, Storchschnabellenker ꝛc. ist der Kopf der Figur zweckmäßig; bei Locomotiv-Lenkstangen wendet man das feste quadratische Ende an, und zwar vorzugsweise vor dem beweglichen quadratischen Ende, und zwar ohne Zweifel deßhalb, weil dieses letztere nicht hinlängliche Stabilität darbietet.

Die Fig. 5. stellt ein festes, offenes Ende dar; es ist dies

eine intermediäre Einrichtung zwischen dem beweglichen uud dem festen Ende. Sie hat gegen die vorhergehenden Einrichtungen die Eigenthümlichkeit, daß, da sie eine dritte Clavette C″ auf der andern Seite der Futter besitzt, das Festkeilen ohne eine Längenveränderung des Lenkers bewirkt werden kann.

Obgleich die Clavetten jedem andern Apparat zum Festkeilen vorgezogen werden müssen, so haben sie doch ebenfalls ihre Mängel. Ihr hauptsächlichster besteht darin, daß sie sich losziehen, und daß sie, wenn man nicht Acht darauf hat, herausfallen. Zur Vermeidung dieses letztern hat man verschiedene Einrichtungen ersonnen, indem aus diesem Herausziehen oft sehr nachtheilige Folgen entstehen können. Eine von diesen Einrichtungen, welche häufig angewendet wird, besteht darin, (Fig. 6.) die Gegenclavette mit einer Oeffnung zu versehen, durch welche das mit Schraubengewinden versehene Ende der Clavette geht, welches alsdann nach Belieben mittelst zweier Muttern angezogen werden kann.

Eine andere Einrichtung (Fig. 7.) besteht in einer stählernen Schraube, die in eine Spitze ausläuft, und die man in der Platte von dem Lenkerende und über der Clavette anbringt.

Eine dritte Einrichtung, welche einfacher als die beiden ersten ist, besteht darin, die Clavette mit einer Reihe von Löchern zu versehen (Taf. II. Fig. 41.), und durch dasjenige Loch, welches dem äußern Bügel am nächsten ist, einen Vorsteckstift mit zwei Schenkeln einzuführen. Wenn diese Schenkel aus einander gemacht worden sind, so kann sich die Clavette nicht mehr von ihrer Stelle bewegen.

Zapfenlager.

Die Zapfenlager sind die Stützen der Wellen auf festen Stücken. Man unterscheidet zwei Hauptklassen: Zapfenlager für horizontale, und solche für senkrechte und stehende Wellen.

1) Zapfenlager für horizontale Wellen.

Man unterscheidet bei den Zapfenlagern die eigentlichen Zapfenlager und die Hängelager. Die erstern tragen die Wellen, welche über der Ebene der Verbindung mit dem festen Stück liegen; die Hängelager dagegen die unter dieser Ebene liegenden Wellen.

Zapfenlager. Dieselben Fig. 8., 9., 10., 11., 12., Taf. III.), bestehen aus drei Theilen, nämlich: aus dem eigentlichen

Lager, aus dem Deckel und aus der Schwelle oder Sohlplatte.

Das Lager ist derjenige Theil, welcher die Pfannen oder das Futter trägt; der Deckel erhält sie an ihrem Platz; die Sohlplatte ist der Theil, wodurch das Lager mit dem festen Stück verbunden wird.

Das Lager **A** der Zapfenlager besteht im Allgemeinen aus einer Masse von Gußeisen, welche den von der Pfanne oder dem Futter eingenommenen Raum umgiebt, und die mit der Sohlplatte entweder unmittelbar, oder durch verschiedenartige geformte Stützen, je nachdem die Höhe zwischen der Grundebene und der Achse der Welle mehr oder weniger hoch verbunden ist.

Der Deckel **B** wird mit dem Lager gewöhnlich mittelst Bolzen und Schrauben verbunden; die Bolzen haben entweder einen Kopf oder eine Clavette, je nach der größern oder geringern Schwierigkeit, welche sich bei ihrem Auswechseln darbietet; indem dieses Auswechseln wegen Abnutzung oder Zerbrechen erforderlich ist.

Die Sohlplatte oder Schwelle **C** besteht aus einer hinlänglich starken, länglich viereckigen, gußeisernen Platte. Sie ist an ihrer Basis mit abgehobelten Tragepunkten versehen, welche anderen, ebenfalls abgehobelten Tragepunkten auf dem festen Stück entsprechen. Die Verbindung wird mittelst Schraubenbolzen bewirkt, und das Feststellen geschieht entweder durch Stellnägel, oder durch eiserne Keile, welche zwischen den Enden des Lagers und den Vorsprüngen der Sohlplatte oder Schwelle eingetrieben werden.

Die Pfannen oder Futter der Lager haben dreierlei verschiedene Formen, wie die der Lenkstangenenden; unter 100 Millimeter haben sie selbst in beiden Fällen gleiche proportionale Dimensionen.

Wenn die Futter einen quadratischen Umriß haben (Fig. 10. und 11.), so werden die beiden Theile derselben durch die innern Seitenflächen des Lagers an ihrem Platz erhalten; der Deckel besteht alsdann in einer einfachen Platte, die an den Enden mit Löchern für die Schraubenbolzen versehen ist, wodurch er auf dem Lager festgehalten wird.

Wenn die Pfannen einen achteckigen Umfang haben (Fig. 25. a), so ist es anders; die obere Pfanne wird alsdann nur zum Theil durch das Lager festgehalten. Der Deckel muß daher mit kleinen dreiseitig prismatischen Vorsprüngen versehen werden, welche zur Ausfüllung des leeren Raumes, welchen die Wangen des Lagers zu beiden Seiten lassen, dient.

Haben die Pfannen einen spitzbogigen Umriß (Fig. 8.), so wird die obere durch den Deckel gänzlich an ihrem Platz erhalten. Der letztere muß alsdann mit Vorsprüngen versehen sein, welche den ganzen leeren Raum zwischen den innern Seitenflächen des Lagers und dem äußern Umriß der Pfanne genau ausfüllen.

In allen Fällen ist es zweckmäßig, das Lager wenigstens in der Höhe der horizontalen Ebene, welche den obern Theil des Zapfens berührt, anzubringen. Zuweilen zieht man es vor, das Lager im Niveau von der Achse der Welle abzuschneiden und den Deckel niedergehen zu lassen; diese Einrichtung ist aus dem Grunde sehr schlecht, weil alsdann der Deckel durch nichts an seinem Platz erhalten wird, denn die Schraubenbolzen können nur zum Anziehen dienen, widerstehen aber durchaus der Kraft nicht, welche die Welle bei ihrer Bewegung macht, um den Deckel aus seiner Lage zu verdrängen, und wackelt daher mit der Pfanne, die er in ihrer Stellung erhalten soll. Die Futter werden daher sehr bald unbrauchbar, und das ganze Zapfenlager verliert an Stabilität.

Bei sehr starken Wellen wendet man zuweilen, um Bronze zu ersparen, aus vier Theilen bestehende Futter an. Die Fig. 13., 14., 16., 17., 18., 19., Taf. III., stellen das Ganze und die Details von einem Zapfenlager für eine Schwungradwelle dar, nämlich:

Fig. 13., 14., 15. und 16., Grundriß, Durchschnitt und Aufriß des ganzen Lagers.

Fig. 17. und 18., obere und untere Ansicht des Deckels.

Fig. 19., die Details der Futter.

Hängelager. Die Hängelager (Fig. 20.), bestehen, wie die Zapfenlager, aus einem Lager, einem Deckel und aus einer Sohlplatte. Die Formen des Lagers sind in verschiedenen Maschinenbauwerkstätten sehr verschieden, und eben so die relativen Stellungen der Welle und der Decken oder Balken, an denen sie befestigt sind. Die Verbindung des Deckels mit dem Lager ist von den bei den Zapfenlagern angewendeten verschieden; sie wird mittelst einer Clavette von länglich viereckigem Durchschnitt bewirkt.

2) **Lager für senkrechte Wellen oder Fußlager.**

Die Fußlager (Fig. 21.) bestehen aus einem gußeisernen Kasten, dem **Lagerkasten** A, in welchen das Ende eines stählernen Zapfens B tritt, der an dem untern Ende einer senkrechten Welle C angebracht ist. Das Innere des Kastens ist mit zwei Stücken versehen, welche eine weniger schnelle Abnutzung vermeiden sollen; diese beiden Stücke sind: 1) ein ringförmiger Cylinder von Stahl,

die Büchse; 2) eine Linse, ebenfalls aus Stahl bestehend, die Spurplatte. Das Fußlager ist entweder in einen Stein eingelassen und mit Schwefel oder Blei eingegossen, oder es ist auf eine gußeiserne Sohlplatte, oder ein hölzernes Schnellwerk, mit Bolzen befestigt.

Hin und wieder kann man sehr vortheilhaft das in Fig. 22. dargestellte Fußlager anwenden. A ist ein Zapfen von Stahl, oder zuweilen auch von hartem Gußeisen; B ist die Welle.

Wenn die Wellen, welche in Fußlagern stehen, eine gewisse Wichtigkeit haben und Genauigkeit erfordern, so wendet man Fußlager an, deren Büchsen oder Kasten mittelst Stellschrauben beweglich sind (Fig. 23., 24., 25., 26., 27.).

Da sich diese Stücke sehr stark abnutzen, so kann es in gewissen Augenblicken der Fall sein, die Welle, welche sie trägt, erhöhen zu müssen, um eine zu große Reibung zwischen den Winkelrädern zu vermeiden. Man versieht alsdann das Fußlager mit eisernen Keilen A (Fig. 23. und 24.), welche man von Zeit zu Zeit anzieht, um die Welle in ihrer Stellung zu erhalten.

Mag man aber die Fußlager einrichten, wie man will, so erhält man nur mangelhafte Apparate, nicht allein durch die Art und Weise, wie sie wirken, sondern wegen der schnellen Abnutzung des einen oder des andern von den Theilen, entweder des Zapfens, oder des Kastens, zuweilen auch beider zugleich.

Die besten Fußlager sind, unserem Erachten nach, diejenigen, bei welchen der Kasten in einem gewöhnlichen Zapfenlager besteht, der die Welle an einer benachbarten senkrechten Wand, in einer geringen Höhe über dem Zapfen erhält. In diesem Fall muß aber der Lagerkasten einen weit größern Durchmesser haben, als der Zapfen. Nur die Spurplatte wirkt alsdann und dient zum Tragen der Welle. Verrückungen der Welle werden alsdann durch zwei oder mehrere Lager verhindert, die an gewissen Punkten angebracht sind. Die in diesen Lagern vorhandenen Zapfen sind cylindrische Theile ohne Hälse, die sich in ihren Futtern heben oder senken können. Diese Einrichtung ist, wie wir aus der Erfahrung beweisen können, eine sehr zweckmäßige, bei welcher die häufigen Reparaturen durchaus vermieden werden.

Muffen.

Die Muffen sind Verbindungsstücke, welche zur Kuppelung zweier Wellen dienen, von denen die eine in der Verlängerung der

andern liegt. Man unterscheidet zwei Arten von Muffen: feste, und solche zum Ausrücken der Kuppelung.

Die ersteren werden zur Kuppelung zweier Wellen angewendet, welche sich stets mit einander drehen; die zweiten dagegen bei Wellen, deren Kuppelung unterbrochen wird.

1) Feste Muffen. Man unterscheidet zwei Arten von festen Muffen: solche, die aus einem Stück, und solche, die aus zwei Stücken bestehen. Die ersteren bestehen aus einem Ringe, der entweder rund und mit einem Schlüssel versehen ist (Fig. 28., 29.), oder quadratisch (Fig. 30., 31.), je nach dem Querschnitt der Welle an der Kuppelung.

Man keilt die Muffen nicht fest; um es aber zu vermeiden, daß sie aus ihrer Lage kommen, versieht man sie mit einer Schraube, welche, indem sie bei einem runden Muff zwischen die beiden Schlüssel tritt, oder bei einem quadratischen Muff eine Clavette festhält, so daß die Lage des Muffs unveränderlich ist.

Die zweiten bestehen aus zwei halben Muffen, welche durch Schraubenbolzen mit einander verbunden sind (Fig. 32., 33., 34. und 35.); sie sind nicht so zweckmäßig, als die vorhergehenden, indem sich die Schraubenbolzen nach und nach losziehen; man wendet sie daher nur dann an, wenn es durchaus nothwendig ist, d. h. wenn sie sich zwischen zwei sehr nahestehenden Zapfenlagern befinden, und durch eine Verschiebung nach der einen, oder nach der andern Seite, nicht ausgerückt werden können.

Muffen dieser Art erfordern, um in ihrer Stellung zu bleiben, keine Schraube, wie die vorhergehenden. Da sie sich, wie die Pfannen, in zwei Theilen wegnehmen lassen, so ist es hinreichend, die Wellen auf jeder Seite mit einem Halse zu versehen, um sie auf ihrem Platz zu erhalten.

2) Muffen zum Ausrücken, oder lösbare Kuppelung. Sie bestehen stets aus zwei Theilen (Fig. 36., 37., 38., 39., 40.), von denen der eine **A** auf einer von den beiden Wellen festsitzt, der andere **B** aber auf der andern Welle, parallel mit deren Achse, mittelst einer sogenannten Rückgabel, so wie sie in der Figur abgebildet, beweglich ist. Beide Theile des Muffs sind mit einer Verzahnung versehen, welche, wenn sie in einander eingreifen, die Veranlassung sind, daß sich beide Theile der Welle mit einander drehen.

Man hat zweierlei Arten, diese Ausrückzähne einzurichten, je nachdem sich die gekuppelte Welle nur nach einer, oder nach zwei verschiedenen Richtungen dreht.

In dem erstern Falle wendet man die in Fig. 36., Taf. III., dargestellte Verzahnung an; in dem andern Falle aber muß man die Fig. 8., Taf. VI., dargestellte Einrichtung anwenden.

Mag man nun die Ausrückungen einrichten wie man will, so darf man die Ausrückung doch nie während des Betriebes einer Maschine vornehmen, wenn man Beschädigungen derselben vermeiden will; höchstens darf es nur dann geschehen, wenn die Betriebsgeschwindigkeit eine sehr geringe ist.

Viertes Capitel.

Allgemeine Stücke zur Verwandlung der Bewegung.

Stangen.

Die Stangen sind im Allgemeinen cylindrische Stücke von Schmiedeeisen, die entweder bestimmt sind, die Bewegung eines Dampfkolbens mitzutheilen, oder aber die, einen Pumpenkolben in Bewegung setzen. Zu dem Ende laufen sie stets in zwei Köpfen aus (Taf. IV. Fig. 1.), von denen der untere conisch ist, und in eine Hülse des Kolbens tritt, der andere obere aber cylindrisch, und in eine gewöhnliche Hülse gesteckt wird.

Entweder sind die Stangen nur einer zerreißenden, oder einer zerreißenden und drückenden Kraft ausgesetzt. Im zweiten Falle müssen sie einen weit stärkeren Durchmesser haben, als im erstern. Zur Berechnung ihres Durchmessers hat Tredgold eine Formel aufgestellt, welche sich auf die Stücke bezieht, die einer Zerdrückung ausgesetzt sind, $P = \frac{m a b^3}{n b^2 + k l^2}$, welche in französischen Maßen ausgedrückt, für das Eisen wird:

$$P = \frac{267\ d^4}{1{,}24\ d^2 + 0{,}00034\ l^2}$$

wobei **P** die wirkliche Belastung in Kilogrammen; **d** der Durchmesser und **l** die Länge der Stange, letztere beide in Centimetern ausgedrückt.

Außerdem hat man durch die Erfahrung gefunden, daß die Kolbenstange des Dampfcylinders einer Niederdruckmaschine gleich $\frac{1}{10}$ von dem Durchmesser dieses Kolbens sein muß. Vergleichen wir die Tredgold'sche Formel mit diesem Resultat, so finden wir, daß, wenn $0{,}785\ D^2$ die Oberfläche des Kolbens einer Niederdruckmaschine in Quadratcentimetern, und **d** der Durchmesser der Stange ist:

Der Druck des Dampfes auf die Oberfläche 1,032 Kil. $\times$ $0{,}785\ D^2$.

Die Länge einer Kolbenstange für eine Niederdruckmaschine ist gleich dem Dreifachen von dem Durchmesser dieses Kolbens, daher: 3 D.

Man hat nach der obigen Formel:

$$0{,}811\,D^2 = \frac{267\ d^4}{1{,}24\ d^2 + 0{,}000{,}34 \times q\,D^2}.$$

Wenn die Formel in Uebereinstimmung mit dem praktischen Resultat steht, so muß der Werth $d = \frac{1}{10} D$, der in die Gleichung substituirt ist, ihm entsprechen; nimmt man nun für $d = \frac{1}{10} D$:

$$0{,}811\,D^2 = \frac{0{,}0267\ D^4}{0{,}0124\ D^2 + 0{,}00306\,D^2}$$

dividirt man oben und unten durch D^2, so erhält man:

$$0{,}811\,D^2 = \frac{0{,}00267\ D^2}{0{,}0124 + 0{,}00306} = 1{,}7\ D^2, \text{ oder } 0{,}811 = 1{,}7.$$

Wir deduciren daraus, daß der Werth, welchen im Allgemeinen der Durchmesser d von der Kolbenstange einer Niederdruckmaschine beansprucht, größer als der ist, welchen die Tredgold'sche Formel angiebt. Dieses rührt daher, daß die Kolbenstange beweglich ist, während die Formel für feste Stücke gilt.

Wenn die Stangen nur dem Zerreißen zu widerstehen haben, so berechnet man ihren Durchschnitt mittelst der Formel:

$$S = \frac{3\,P}{4300} = \frac{P}{1433}.$$

In derselben stellt S den Durchschnitt in Quadratcentimetern, P die zu tragende Last, welche im Durchschnitt 4300 auf das Quadratcentimeter beträgt, wobei der Bruch erfolgt; ersetzt man nun S durch $0{,}785\ d^2$, so findet man: $d^2 = \frac{P}{1433 \times 0{,}785}$ $= \frac{P}{1112{,}5}$ und $d = \frac{\sqrt{P}}{33}$ in Centimetern.

Besteht die Stange aus Bronze, so muß man in der Formel die Zahl 4300 ersetzen durch 2550

Wäre die Stange aus Cementstahl angefertigt, durch 2790

Bestände sie aus grauem Gußeisen, durch . . . 1420

Leitungen.

Die Leitungen sind Apparate, deren Zweck es ist, die Längenbewegung einer Stange geradlinig zu erhalten.

Man unterscheidet verschiedene Arten von Leitungen, je nach der Wichtigkeit der Stange, welche man auf der Linie ihrer Bewegung erhalten muß.

Für Schieberstangen wendet man die in der Fig. 2., Taf. IV., dargestellte Leitung an. Sie besteht aus Rothguß und hat eine Oeffnung, welche genau gleich dem Durchmesser der zu leitenden Stange ist.

Bei Ventilstangen besteht der Apparat aus Gußeisen, und ist mit einem kleinen Muff von Rothguß versehen, in welchem sich die Stange bewegt, und die leicht ersetzt werden kann (Fig. 3.).

Für Dampfkolbenstangen ist die Form der Leitungen einzig und allein nach der Einrichtung und nach der Kraft der Maschinen verschieden.

Bei horizontalen Maschinen unter 10 Pferdekräften, wendet man ein gewöhnliches Zapfenlager mit zwei Futtern an (Fig. 4. und 5.).

Bei 10 Pferden und darüber, gebraucht man zwei parallele Stangen und eine Querstange (Fig. 6. und 7.).

Bei den Locomotiven bedient man sich mit Vortheil der Schlitten (Fig. 8., 9., 10. u. 11.).

Bei den Maschinen mit senkrechtem Cylinder ohne Balancier, wendet man ein oder zwei Frictionsrollen an (Fig. 12. u. 13.), welche sich in Falzen bewegen. Zuweilen giebt man den Schlitten den Vorzug vor den Frictionsrollen, weil die Einwirkung dieser letztern auf die Backen der Falzen dieselbe ist, wie die der Schlitten, wenn sie nicht einen hinlänglichen Spielraum haben, so daß die Berührung nur von einer Seite stattfinden kann.

Man wendet auch das einfache Watt'sche Parallelogramm (Fig. 14.) an.

Bei Maschinen mit Balancier benutzt man das doppelte Watt'sche Parallelogramm (Fig. 15., 16. und 17.), oder das von Olivier Evans (Fig. 18.).

Das erstere, welches am meisten angewendet wird, giebt der Stange keine ganz genaue gerade Richtung, sondern es macht an seinem Ende eine Curve (Fig. 19.), welche sich in der Praxis der geraden Linie so nähert, daß die Differenz unmerklich ist.

Das Evans'sche Parallelogramm leitet die Stangen in einer vollkommen geraden Linie, allein es erfordert, daß die Hauptachse des Balanciers, außer einer in sich selbst wiederkehrenden Kreisbewegung auch eine horizontale wiederkehrende geradlinige Bewegung machen muß. Man muß alsdann diese Achse auf einem

beweglichen Support anbringen, welches der Festigkeit der Maschine schadet, indem es sie unnütz complicirt. Es wird daher dieses Parallelogramm nur sehr wenig angewendet.

Das Watt'sche Parallelogramm. Diese Leitung ist auf das folgende Princip basirt, nämlich: es seien **AC** und **BD** (Fig. 20.), zwei gleiche und einander parallele gerade Linien, von denen sich eine jede um einen von den beiden festen Punkten **A** und **B** drehen können, welche an den entgegengesetzten Scheiteln des Parallelogrammes **ABCD** befindlich sind, und welches man erhält, wenn man **AD** und **BC** verbindet. Man verzeichne ferner die Diagonale **AB** und **CD** dieses Parallelogrammes, von denen das eine **AB** imaginär, das andere aber wirklich vorhanden und durch ein Gelenk in den Punkten **C** und **D** mit den Stangen **AC** und **BD** verbunden ist.

Es sei nun die Curve, welche der Punkt **E** am Durchschnitt der Diagonalen **AB** und **CD**, während der Bewegung der beiden Stangen, **AC** und **BD** beschreibt, welche sie wolle; so beschreibt jeder Punkt, wie **F**, der auf **AB** liegt, und dem entgegengesetzten Scheitel von **C** oder **D** eines andern Parallelogramms, dessen anliegende Seiten **DC** und **FH** sind, bilden, eine ähnliche Curve, wie die von dem Punkt **E** beschriebene. Um diesen Grundsatz zu beweisen, ist es hinreichend, den Beweis zu führen, daß, wenn **F** der entgegengesetzte Scheitel von **D** ist:

1) Die drei Punkte **F**, **E** und **B** während der Bewegung auf einer geraden Linie bleiben.

2) Die Dreiecke, welche durch die successiven Lagen der Linie **FEB** gebildet werden, ähnlich sind.

Der erste Beweis wird geführt, indem man bemerkt, daß bei jedweder Lage des Punktes **F**, wenn man durch denselben und den Punkt **B** eine gerade Linie führt, diese gerade Linie stets durch den Punkt **E** geht; denn da **GF** und **DC** parallel sind, so hat man:

$$BG : BD = GF : DE.$$

In jeder andern Lage würde man haben:

$$BG : BD = GF : x.$$

Diese unbekannte Größe kann keine andere als **DE** sein, indem die drei andern Glieder des Verhältnisses nicht verändert worden sind.

Der Beweis des zweiten Satzes ist eine Folgerung aus dem des ersten. Es sei wirklich die Lage des Punktes **F**, welche sie wolle, so ist **FGB** stets ein ähnliches Dreieck von **DEB**, daher:

$$\frac{GB}{DB} = \frac{FB}{EB} = \frac{F'B}{E'B} = \frac{F''B}{E''B'} \text{ 2c.}$$

Da die Seiten der auf einander folgenden Dreiecke proportional sind, so sind die Dreiecke selbst ähnlich und man hat:

$$\frac{FF'}{EE'} = \frac{F'F''}{E'E''} = \frac{F''F'''}{E''E'''}, \text{ 2c.}$$

Wenn F entgegengesetzt von C ist, so bleibt der Beweis derselbe; nur ist die von dem Punkt F beschriebene Curve, statt größer, kleiner als die von dem Punkte E beschriebene.

Im erstern Falle erhält man:

$$F'F'' : E'E'' = FB : EB.$$

Im zweiten Fall:

$$F'F'' : E'E'' = FA : EA.$$

In der Praxis ist es gebräuchlich $DG = DB = AC$ zu machen, in welchem Falle der Punkt F in den Punkt A fällt, wenn die Hebel AC und BD horizontal sind (Fig. 15.).

Das Watt'sche Parallelogramm besteht aus 5 Hauptthei- len, nämlich:

Aus zwei Hängeschienen A für die Kolbenstange, aus zwei Hängeschienen für die Luftpumpe B, aus zwei Verbindungsstangen C, aus zwei Gegenlenkern D, und aus einer Lunette E.

Die Kolbenstangen-Hängeschienen werden nach denselben Principien construirt, als die Lenker-Enden. Sie unterscheiden sich von denselben nur durch ihre Dimension, allein die hauptsächlichsten Formen und Stärken sind dieselben. Zwischen den beiden mittlern Futtern befindet sich eine, entweder aus Gußeisen oder aus Rothguß bestehende Füllung, je nachdem dieß der Maschinenbauer für zweckmäßiger hält.

Die Hängeschienen, an denen die Luftpumpe aufgehängt ist, unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß sie drei Achsen haben, von denen die eine, die der Lunette, keiner Futter bedürfen. Zu dem Ende haben sie dieselbe Form als die vorhergehenden, nur umgekehrt, und der Kopf ist mit einer hebelförmigen Verlängerung versehen, welche die Luftpumpenachse in einen runden, am Ende befindlichen Kopf aufnimmt.

Die Verbindungsstangen sind kleine Lenkstangen mit geschlossenen Köpfen (Taf. III., Fig. 3. und 4.). Sie sind einerseits mit den Enden der Hängeschienen, andererseits mit den Querachsen verbunden.

Die Gegenlenker sind Stangen, die einerseits in einen Ab-

satz und in ein Schraubengewinde auslaufen, wodurch sie mit der Lunette verbunden werden (Fig. 15. und 16.), andererseits in einen starken, geschlossenen Kopf (Fig. 17.), der mit der Querstange der Kolbenstange verbunden ist (Fig. 17.).

Die Lunette (Fig. 16.) ist eine Querstange, in deren Mitte eine ringförmige Oeffnung befindlich ist, durch welche die Luftpumpenstange geht, woher auch die Benennung.

Parallelogramm von Olivier Evans. Diese Leitung ist auf das folgende Princip basirt. Es sei A B (Fig. 21.), eine gerade Linie, auf welche wir einen Bogen schlagen. Denken wir uns nun eine Stange BD, deren Länge gleich AB ist, die sich um ihr Ende B', wie um einen Mittelpunkt drehen, deren Ende sich horizontal auf der Linie AB bewegen kann.

Denken wir uns auch eine Stange AC', deren Länge gleich der Hälfte von AB, die sich um einen festen Punkt A drehen kann und mittelst eines Gelenkes mit der Mitte C von B' D verbunden ist; verbinden wir auch AD.

Sei nun die Lage des Punktes C' auf dem Kreisbogen CC', welche sie wolle, so ist der Winkel DAB' stets ein rechter.

Wirklich gehören die drei Punkte DAB', die in gleicher Entfernung von dem Punkte C' liegen, einem Kreisbogen an, der aus dem Mittelpunkte C' mit dem Halbmesser C' B' beschrieben worden ist. Da die beiden Punkte B' und D die Enden eines und desselben Durchmessers sind, so ist der niedergeschriebene Winkel D A B' ein rechter.

Da der Punkt D fortwährend auf der senkrechten AD liegt, welche auf A B errichtet worden ist, so bewegt er sich in gerader Linie.

Das Evans'sche Parallelogramm (Fig. 18.) besteht nur aus zwei Leitstangen A, deren eines Ende a mit einem Zapfen verbunden ist, der seinerseits an einem Balken befestigt ist, welcher entweder aus einem horizontalen Stück besteht, welches in den Mauern des Maschinengebäudes eingelassen ist, oder aus einem senkrechten Stück D, welches durch eine Strebe D', die mit ihm ein Dreieck bildet, in seiner Stellung erhalten wird. Das andere Ende a' ist mit der Mitte des Balanciers B verbunden, dessen Länge von seinem Schwingungspunkte b bis zu dem Ende doppelt so lang ist, wie die Leitung A. Wenn aber die Construction des Parallelogrammes einfach, so ist es nicht dasselbe mit dem Balancierlager, welches der Achse b eine wiederkehrende Bewegung gestatten muß.

Wenn die Verbindungspunkte der Leitstange horizontale Stücke sind, so wendet man mit Vortheil zwei Schlitten an, welche sich in Falzen an den genannten Stücken bewegen; sind aber die Stützpunkte senkrecht, so muß man andere Mittel anwenden. Da in diesem Fall die wiederkehrend geradlinige Bewegung des Punktes b sehr gering ist, so ersetzt man die Schlitten und Falze durch zwei Lager, die an den Enden der Gabel des Lenkers C angebracht sind, welcher um eine Achse c am untern Ende schwankt: eine Einrichtung, welche bei Maschinen, deren Kraft die von 12 Pferden nicht übersteigt, zulässig ist. Uebrigens wird das Parallelogramm jetzt nur sehr wenig angewendet.

Andererseits kann das Evans'sche Parallelogramm nur zur senkrechten Leitung der Dampfkolbenstange T angewendet werden, wogegen die andern Stangen, wie t, t′, t″, Curven beschreiben, welche zwar von der geraden Linie wenig entfernt sind, dennoch aber bedeutend genug, um die Anwendung von Hülsen mit Gelenken an den untern Verbindungspunkten zu erfordern. Um sich von dieser Thatsache zu überzeugen, ist es hinreichend, einen Blick auf Fig. 21. zu werfen.

Hebel.

Wir begreifen unter der allgemeinen Benennung Hebel verschiedene Stücke, welche aus einer Nabe bestehen, von welcher ein oder mehrere Arme auslaufen, von denen jeder in einen Kopf endigt.

Die Hebel haben alle eine kreisförmige Bewegung um die Achse der Nabe, die entweder continuirlich, oder wiederkehrend ist.

Haben sie nur einen einzigen Arm, so dienen sie zur Mittheilung der kreisförmigen Bewegung der mit der Nabe verbundenen Welle, mit einem andern Stück, das mit dem Kopf verbunden ist, oder umgekehrt.

Haben sie zwei oder mehrere Arme, so dienen sie zur Bewegungsmittheilung eines Stücks, welches mit einem der Köpfe verbunden ist, mit einem oder mehrern andern Stücken, welche mit den andern Köpfen verbunden ist.

Es giebt daher zwei Arten von Hebeln, nämlich:

1) Diejenigen Hebel, bei denen der Widerstand der Welle von der Nabe hinreichend sein muß, um die Wirkung der Torsion zu überwinden, der sie unterworfen ist.

2) Hebel, bei denen der Widerstand der Welle hinreichend sein muß, um eine Last zu tragen, welche gleich der Mittelkraft von

den verschiedenen Arten des Drucks ist, der auf die Köpfe ausgeübt wird.

Man unterscheidet im Maschinenwesen drei Arten von Hebeln, nämlich: 1) gewöhnliche Hebel, 2) Balanciers, 3) Kurbeln.

1) Gewöhnliche Hebel.

Die gewöhnlichen Hebel haben im Allgemeinen nur einen oder mehrere Arme, und gehören aus diesem Grunde entweder zu der ersten oder zu der zweiten Art.

Die Balanciers haben stets wenigstens zwei Arme, und gehören aus diesem Grunde stets zur zweiten Art.

Die Kurbeln haben stets nur einen Arm, und gehören deßhalb immer zur ersten Art.

Die gewöhnlichen Hebel (Taf. IV., Fig. 22 und 23.) bestehen im Allgemeinen aus Schmiedeeisen. Sei die Anzahl ihrer Arme auch, welche sie wolle, so haben sie stets nur eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung.

Wenn die Durchmesser der Nabenöffnungen und des Kopfes bekannt sind, so ist es leicht, die übrigen Dimensionen mittelst Figuren zu bestimmen.

Die relativen Werthe dieser Durchmesser werden durch das Calcül bestimmt und sind verschieden, je nachdem die Bewegungsmittheilung von einem Kopf zum andern, oder von der Welle auf Köpfe erfolgt; mit andern Worten, je nachdem die Welle dem Druck oder der Torsion widerstehen muß. Da diese beiden Fälle, der eine sich auf den Balancier, und der andere auf die Kurbel bezieht, so verweisen wir wegen der Bestimmung dieser relativen Werthe der innern Durchmesser der Nabe und des Hebelkopfes, je nachdem sie sich in den Maschinen verhalten, auf diese beiden Maschinenstücke.

2) Balanciers.

Die Balanciers (Taf. IV., Fig. 24, 25, 26, 27 und 28.) bestehen im Allgemeinen aus Gußeisen. Sie haben entweder zwei oder drei Hebelarme, je nach der Art der Bewegungsmittheilung, bei welcher man sie anwendet.

Die zweiarmigen Balanciers bestehen entweder aus einem einzigen Stück, oder aus zwei Hälften. Die mit drei Armen versehenen bestehen gewöhnlich aus zwei Hälften, um die Anwendung der Gabeln bei der Verbindung mit den Lenkstangen zu vermeiden.

Balanciers, die aus einem Stück gegossen worden sind. Diese Balanciers werden im Allgemeinen nur bei Maschinen unter 100 Pferdekräften angewendet; dies rührt daher, weil man in vielen Gießereien nicht hinlänglich große Oefen hat, um die Balanciers von dieser Größe aus einem Stück zu gießen. Man könnte glauben, daß die Frage des Transports bei der Anwendung von Balanciers aus zwei Hälften berücksichtigt werden müsse; allein es ist dies gar nicht der Fall, denn die Zusammensetzung der beiden Hälften muß doch immer in der Hütte oder in der Maschinenfabrik vorgenommen werden. Es findet daher gar kein wesentlicher Grund statt, um nicht alle Balanciers aus einem Stück anzufertigen.

Man unterscheidet bei den aus einem Stück gegossenen Balanciers:

Balanciers mit flachen Köpfen;

Balanciers mit Kugeln.

Die Balanciers mit flachen oder platten Köpfen (Taf. V., Fig. 1, 2, 3, 4.) bestehen aus einer möglichst dünnen gußeisernen Platte, welche von Distanz zu Distanz mit Verstärkungen versehen ist, indem die Oeffnungen für die Zapfen angebracht sind. Der äußere Umriß der Platte besteht aus zwei Parabeln, deren Brennpunkt dem Scheitel sehr nahe liegt, und die einander gegenüber auf der Mitte des Balanciers angebracht sind. Verstärkungsrippen von verschiedenen Formen verbinden die Erhöhungen mit einander, und umgeben auch den ganzen Balancier, so daß sie ihm eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Querbrüche gewähren.

Die Balanciers mit Kugeln sind von den vorhergehenden darin verschieden, daß die äußern Zapfen um eine Achse beweglich sind, welche ihrerseits die Enden des Balanciers bildet (Taf. IV., Fig. 24, 25, 26, 27.).

Diese Einrichtung hat den Zweck, den Bruch von einem der Verbindungsstücke zu vermeiden, wenn die Bewegungsebenen des Balanciers nicht gänzlich mit derjenigen der Stangen oder Lenker, die mit ihnen verbunden sind, übereinstimmt.

Es giebt verschiedene Arten der Verbindung der äußersten Zapfen mit dem Kugel-Balancier; bei allen bilden sie die Vorsprünge von einem Muff, mit dem sie aus einem Stück geschmiedet worden sind.

In den Fig. 24, 25, 26, 27. (Taf. IV.) wird der Muff

durch einen Ring und durch einen eisernen Bolzen an seinem Platz erhalten.

Die Fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. (Taf. V.) zeigen die einzelnen Theile von der Schraube zur Befestigung.

Bei der Fig. 12. ist diese Befestigung durch einen Schließkeil bewirkt.

Die Fig. 13, 14, 15 und 16 stellen eine sogenannte Bayonnetbefestigung dar.

Endlich die Fig. 17, 18, 19 und 20 stellen ein Balancierende mit beweglicher Achse und mit Schließkeilen dar.

Von allen diesen Einrichtungen sind die in den Fig. 24, 25, 26, 27. (Taf. IV.), und nach diesen die in der Fig. 12. (Taf. V.), unseres Erachtens nach die zweckmäßigsten und wohlfeilsten.

Balanciers, die aus zwei Hälften zusammengesetzt sind. Diese Balanciers (Taf. V., Fig. 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.), haben alle flache Köpfe. Die Achsen bestehen entweder aus einem oder zwei Zapfen, je nachdem die Verbindung mit einem Lenker oder einem Parallelogramme stattfindet. Die beiden Theile des Balanciers sind unter einander mittelst quadratischer Bolzen mit zwei Schraubenmuttern und mit dazwischen liegenden Gußeisenstücken A verbunden. Da die Bolzenlöcher in den Balancierhälften rund und von demselben Durchmesser als die mit Gewinden versehenen Theile sind, so folgt daraus, daß die eine von beiden Muttern sich losziehen und herabfallen kann, ohne daß dies bei der andern der Fall ist, und daß ein Gußeisenstück A herunter und auf den Kopf eines Menschen fallen kann.

Construction des Balanciers.

Es sei AB (Taf. V., Fig. 1.) die Länge des Balanciers; CD seine Höhe in der Mitte. Aus der Mitte der Nabe E mit EC als Halbmesser, beschreiben wir einen Halbkreis und theilen darauf AB durch die Senkrechten a b c d e in sechs gleiche Theile. Aus dem Mittelpunkt g des Kopfes am Ende des Balanciers, nehmen wir g f = 1,2, indem der Durchmesser des äußersten Zapfens = 1 genommen worden ist, und durch den Punkt f ziehen wir ff′ parallel mit AB; darauf theilen wir f′D in sechs gleiche Theile und erhalten die Theilungspunkte a′b′c′d′e′. Durch diese Punkte führen wir die Parallelen aa′ bb′ cc′ dd′ ee′ ff′, und verbinden die Durchschnittspunkte der Parallelen mit den geraden Linien a b c d e durch gerade Linien, wodurch die Curve

fabcdeD entsteht. Dasselbe Verfahren wenden wir unten und auf der andern Seite an.

Berechnung eines Balanciers.

Der Balancier hat eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung.

In seiner Mitte ruht er auf einer Achse auf.

Bei den Dampfmaschinen erlangt er seine Bewegung von der Kolbenstange durch eine andere Achse, die an einem der Enden liegt und theilt die Bewegung dem Lenker durch eine dritte Achse mit, welche an dem andern Ende befindlich ist. Außerdem sind an zwei Vierteln seiner Länge nach zwei Achsen angebracht, von denen die eine die Luftpumpe und die andere die Speisepumpe in Bewegung setzt.

Seine Länge ist gleich dem dreifachen Kolbenlauf, daher gleich dem sechsfachen Cylinder-Durchmesser einer Maschine mit Condensation, aber ohne Expansion, wie wir es weiter unten sehen werden.

Durchmesser der Zapfen. — Die Durchmesser der Balancierzapfen bei Dampfmaschinen lassen sich durch die folgenden Betrachtungen bestimmen.

Da der Kolbenstangen-Durchmesser gleich $\frac{1}{10}$ von dem Durchmesser eines Cylinders ohne Expansion, aber mit Condensation ist, so trägt die Kolbenstange eine Belastung des Drucks und des Zugs, welche mit einander abwechseln, der gleich 103,3 oder in einer runden Zahl 105 Kilogramm auf das Quadratcentimeter des Durchschnitts beträgt. Wenn d dieser Durchmesser in Centimetern ist, so wird die ganze Belastung der Stange durch die Formel ausgedrückt:

$$105 \times 0{,}785\, d^2 = 82{,}5\, d^2 \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

in Kilogrammen.

Zapfen an den Enden des Balanciers. — Es sei δ der Zapfendurchmesser an den Enden des Balanciers, und wenn man denselben durch die nachstehende Formel von Robertson berechnet:

$$\delta = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

Und es ist Q die ganze Belastung der Zapfen in metrischen Centnern (à 100 Kil.) so leitet man davon ab:

1) Aus der Gleichung (1) . . . . $Q = 0{,}825\, d^2$;

Bayerische Staatsbibliothek München

2) Aus der Formel:

$$\delta = 3{,}2\left(\frac{9}{14}0{,}825d^2\right)^{\frac{1}{3}} = 3{,}2\left(0{,}53\,d^2\right)^{\frac{1}{3}}$$

daher: $\delta = 2{,}6\ d^{\frac{2}{3}}$ . . . . . . (2)

Wenn man dagegen das Calcül durch die Formel:

$$Pl = \frac{R\ \pi\ r^3}{4} = \frac{R\ \pi\ \delta^3}{32}$$

macht, welche sich auf runde Stücke bezieht, die mit dem einen Ende eingelassen sind, und in denen man hat:
P, die 5fache Belastung $= 0{,}5 \times 82{,}5\ d^2 \times 5 = 206,\ 25\ d^2$;
l, die äußere Lage der Achse $= 2{,}5\ \delta$ ungefähr:
R, den Coefficienten für das Eisen $= 6000$;
$\pi = 3{,}1415926$.

So erhält man:

1) $2{,}5\ \delta \times 206{,}25\ d^2 = \frac{6000 \times 3{,}1416\ \delta^3}{32}$.

2) $\delta^2 = \frac{16500\ d^2}{18850} = 0{,}875\ d^2$

3) $\delta = 0{,}935\ d$ . . . . . . (3)

Um zu bestimmen, welche von beiden Formeln (2) und (3) die beste sei, setzen wir:

$$2{,}6\ d^{\frac{2}{3}} = 0{,}935\ d$$

Wir deduciren daraus:

1) $17{,}6\ d^2 = 0{,}82\ d^3$.

2) $d = \frac{17{,}6}{0{,}82} = 21{,}5$ Cent.

Für $d = 21{,}5$ Centimeter geben die beiden Formeln für δ einen und denselben Werth, welcher ist:

$$\delta = 20{,}15\ \text{C}.$$

Macht man nun $d = 1$ Cent., so hat man:
1) Durch die Formel (2): $\delta = 2{,}6$ Cent.
2) Durch die Formel (3): $\delta = 0{,}935$.

Wir deduciren daraus, daß unter $d = 21{,}5$ Cent. die durch die Formel (3) gegebenen Werthe von δ weit stärker sind, als die durch die Formel (3) gegebenen.

Wir bemerken hierüber, daß:

1) Die Formel (2) praktisch ist und hauptsächlich für kleine Durchmesser paßt, indem sie die schadhaften Stellen des Metalles berücksichtigt, welche in diesem Fall weit nachtheiliger sind, als bei

starken Durchmessern; daß aber die Dimensionen, welche sie für diese Durchmesser giebt, zu stark sind, wie die Erfahrung es beweis't.

2) Daß, wenn man in der Formel (2) den Coefficienten 2,6 durch 2,00 ersetzt, die alsdann erlangten Resultate mit denen übereinstimmen, welche die Erfahrung als zweckmäßig anerkannt hat.

3) Daß die Formel (2), wenn sie für starke Durchmesser angewendet wird, Werthe für δ giebt, die unter denen der Formel (3) sind, die theoretisch ist und bei gleichen Durchschnitten gleiche Belastung gestattet.

Aus diesen Gründen schlagen wir die Annahme der folgenden Formel vor:

$$\delta = d^{\frac{2}{3}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

jedoch nur, wenn es sich von den äußersten Zapfendurchmessern des Balanciers handelt, bis zu dem Werth von d, für welchen die beiden Formeln (3) und (4) einen gleichen Werth für δ geben, und den wir finden, wenn wir wie weiter oben setzen:

$$2\,d^3 = d.$$

Ersetzt man den Coefficienten 0,935 der Formel 3 durch 1, so folgern wir d = 8 Centimeter.

Man würde demnach haben, wenn $d < 8$ Cent., $\delta = 2\,d^{\frac{2}{3}}$
und wenn $d > 8$ Centimeter $\qquad \delta = d.$

Man leitet daraus die folgende Tabelle ab, wenn man dahin sieht, die Zahlen, welche nicht in der Reihe der angenommenen Durchmesser sind, durch diejenigen von den letztern zu ersetzen, die ihnen am nächsten stehen.

Tabelle über die Durchmesser der Zapfen an den Enden der Balanciers unter 8 Centimeter.

Durchmesser der Cylinder ohne Expansion und mit Condensation D.	Durchmesser der Kolbenstangen d.	Durchmesser der Zapfen am Ende δ.	Durchmesser der Cylinder ohne Expansion und mit Condensation D.	Durchmesser der Kolbenstangen d.	Durchmesser der Zapfen am Ende δ.
M.	Mm.	Mm.	M.	Mm.	Mm.
0,05	5	12 für 13,6	0,45	45	55 für 54,6
0,10	10	20 — 20,0	0,50	50	60 — 58,5
0,15	15	25 — 26,2	0,55	55	60 — 62,4
0,20	20	30 — 31,8	0,60	60	65 — 66,0
0,25	25	35 — 36,8	0,65	65	70 — 69,6

Bayerische Staatsbibliothek München

0,30	30	40 — 41,6	0,70	70	75 — 73,2
0,35	35	45 — 46,1	0,75	75	75 — 76,6
0,40	40	50 — 50,4	0,80	80	80 — 80,0

Durchmesser der mittlern Zapfen. — Was nun den Durchmesser der Zapfen betrifft, um welche sich der Balancier dreht, so besteht die Belastung aus:

1) Der Belastung auf der Achse des Dampfcylinders.
2) Aus der Belastung auf der Achse des Lenkers.
3) Aus der Belastung auf die Pumpenachsen.
4) Aus dem Gewicht des Balanciers.

Die beiden ersten Belastungen sind eine jede gleich der Belastung, welche von dem Dampfkolben getragen wird. Schätzt man nun dieselbe Belastung gleich den beiden letztern Belastungen des Balanciers, so folgt daraus, daß die mittlere Achse mit einer Belastung beschwert ist, welche gleich der dreifachen Belastung der Zapfen am Ende ist. Man erhält alsdann die Formeln:

1) Zapfen am Ende, von Schmiedeeisen:

$$\delta = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

2) Zapfen in der Mitte, von Schmiedeeisen:

$$\delta' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

daher: $$\frac{\delta}{\delta'} = \sqrt[3]{\frac{9}{14} \Big/ \frac{27}{14}} = \sqrt[3]{\frac{9}{27}} = \frac{1}{\sqrt[3]{3}}$$

Und: $\delta' = 1{,}441\ \delta$

Und in runden Zahlen: $\delta' = 1{,}4\ \delta$ . . . . (6)

Zapfen für die Pumpen. — Was nun die Zapfen für die Pumpen anbetrifft, so ist es gebräuchlich, ihren Durchmesser halb so stark zu machen, als den der großen Zapfen. Man hat demnach:

$$\delta'' = 0{,}5\ \delta' = 0{,}7\ \delta \quad . \ . \ . \ . \quad (5)$$

Bemerkung. — In der Figur haben wir den Durchmesser δ' durch $\frac{4}{3}$ und den Durchmesser δ'' durch $\frac{2}{3}$ dargestellt. Obgleich diese letztern Dimensionen geringer als die durch die Formeln gefundenen sind, so sind sie doch zweckmäßig für Maschinen über 50 Pferdekräfte.

Dimensionen des Balanciers. — Die Dimensionen der übrigen Theile des Balanciers lassen sich auf die folgende Weise bestimmen:

Breite und Dicke. Für das Maximum der Dicke und der Breite des Balanciers hat man die Formel:

$$5\,P\,l = \frac{R\,a\,b^2}{6}$$

Worin:

$5\,P = 5 \times 82{,}5\,d^2$ [Gleichung (1)].

$l = 3\,D = 30\,d$

$R = 2800$, für Gußeisen.

$a = 0{,}5\,d$, willkürliche Dicke durch die Erfahrung bestimmt.

b = unbekannte Breite.

Man leitet daraus ab:

$$1)\quad 5 \times 82{,}5\,d^2 \times 30\,d = \frac{2800 \times 0{,}5\,d \times b^2}{6}$$

$$2)\quad b^2 = \frac{900 \times 82{,}5\,d^2}{2800 \times 0{,}5}$$

$$3)\quad b = 7{,}27\,d = \frac{7{,}27\,l}{30} = \frac{1}{4{,}13}\,l$$

In runden Zahlen: $b = \frac{1}{4}\,l = \frac{1}{8}\,2\,l$ . . . . (7)

Das heißt $\frac{1}{8}$ der Länge.

Die drei Dimensionen des Balanciers in Functionen von D und d ausgedrückt, sind demnach:

Dimensionen	in Functionen des Cylinder-Durchmessers D.	in Functionen des Kolbenstangen-Durchmessers d.
Länge	6,00	60,0
Breite	0,75	7,5
Dicke	0,05	0,5

Naben der Achsen. Der innere Durchmesser der Naben, welcher auch der der Achsen ist, beträgt das Eins-, Zweifache von dem Zapfendurchmesser dieser Achsen oder Wellen. Die Stärke des Gußeisens ringsherum ist gleich dem Durchmesser des Zapfens; der äußere Durchmesser ist demnach gleich dem:

$1{,}2 + 1 + 1 = 3{,}2$ fachen von dem Zapfen-Durchmesser ihrer Welle.

Die Stärke der Naben ist wenigstens gleich dem zweifachen Durchmesser des entsprechenden Zapfens, da es erforderlich ist, daß die Naben der Pumpenachsen über den Verstärkungsrippen hervortreten, so giebt man diesen letztern dieselbe Stärke, als den äußersten Naben: Uebrigens sind die wichtigsten Angaben in der nachstehenden Tabelle zusammengefaßt.

Stärken der Achsen.

Achsen am Ende.	Der Pumpen=Achsen.	Der Achsen in der Mitte.
2,4 d oder δ.	2,4 d oder δ.	2 δ'.

Verstärkungsrippen. Die ganze Dicke der Verstärkungsrippen, senkrecht auf der Oberfläche des Balanciers, darf 2 d nicht übersteigen, wobei die Stärke dieses letztern noch mit inbegriffen ist. In der Fig. 2. ist sie gleich 1,5 δ, welches 1,8 d entspricht, für den Fall, in welchem $\delta = 1{,}2$ d.

3) Kurbeln.

Die Kurbeln oder Krummzapfen bestehen entweder aus Guß= oder Schmiedeeisen. Bei den Dampfmaschinen üben sie auf die Welle, mit der sie verbunden sind, eine Wirkung der Torsion aus, welche sie von der Lenkstange mittelst eines Stücks erhalten, welches man die Warze nennt, die einen größern oder geringern Durchmesser um die Drehungsachse beschreibt.

Nach der Erklärung der Wirkungsweise des Krummzapfens sieht man, daß die Ebene der Bewegung der Warze senkrecht auf der Achse stehen muß. Zu dem Ende besteht ein Krummzapfen oder eine Kurbel (Taf. V., Fig. 36, 37, 38, 39, 40.) aus einer guß= oder schmiedeeisernen Platte A, dem Arm, welcher einerseits in die Nabe B ausläuft, welche mit der Welle verbunden, und andererseits in einen Kopf C, welcher die stets aus Schmiedeeisen bestehende Welle aufnimmt.

Die Fig. 36 und 37. stellen eine schmiedeeiserne Kurbel dar; die Fig. 38 und 39. eine gußeiserne, beide für eine und dieselbe Welle und von proportionalen Dimensionen.

Die Fig. 40. stellt eine Krummzapfen=Warze ebenfalls von verhältnißmäßigen Dimensionen vor. Sie besteht aus Schmiedeeisen, wogegen Arm und Lenker aus Gußeisen bestehen.

Die schmiedeeisernen Kurbeln gewähren gegen die gußeisernen den Vorzug, weniger Platz einzunehmen und durch Stöße nicht so leicht zu zerbrechen; allein sie sind weit kostbarer.

Wenn bei der Aufstellung einer Maschine auch noch so große Sorgfalt angewendet wird, um die Achse der Triebwelle senkrecht auf die Bewegungsebene der Maschine zu stellen, so ist es doch selten, daß nicht eine geringe Abweichung stattfindet, entweder weil bei der Aufstellung Irrthümer vorgefallen sind, oder weil sich neues Mauerwerk stets nach Verlauf einiger Zeit setzt.

Es folgt daraus, daß mehrere Maschinenbauer den Warzen ihre Krummzapfen, statt der cylindrischen, wie wir es angegeben haben, eine kugelförmige oder etwas ovale Gestalt geben.

Ohne uns bestimmt gegen diese Einrichtungen auszusprechen, welche eine Schwächung der Warze zur Folge haben können, wenn man ihnen nicht eine verhältnißmäßige Stärke giebt, geben wir der cylindrischen Warze aus dem folgenden Grunde den Vorzug.

Wenn die Welle im Verhältniß zu der Bewegungsebene schief steht, so hat dies nicht allein auf die Kurbelwarze einen Einfluß, sondern auch auf die Gabel der Lenkstange und auf die Balancierzapfen. Wenn die Warze aus der Bewegungsebene herausgeht, so neigt sich die Lenkstange, wenn die Kurbel senkrecht steht, auf diese Ebene, und die Gabel zieht auf der einen Seite an den äußersten Zapfen des Balanciers und stößt auf der andern dagegen. Wenn aber die Warze aus der Bewegungsebene herausgeht, und wenn die Kurbel horizontal steht, so wirkt die Gabel der Lenkstange horizontal auf den Balancierzapfen, so wie sie in dem ersten Fall senkrecht gewirkt hatte.

Es ist daher nicht bloß eine kugelförmige Warze erforderlich, um den Einfluß einer schiefen Stellung zu vermeiden, sondern auch eine gegliederte Lenkstange und ein Balancier mit Kugeln, alles Stücke, welche sehr kostbar sind.

Aus diesen verschiedenen Gründen ziehen wir es vor, daß diese Stücke ihre ursprüngliche Form beibehalten, und daß die Zapfenlager der Triebwelle fest mit der Maschine verbunden sind, welches sehr leicht erreicht werden kann, wenn man das Ganze auf einer und derselben Sohlplatte aufstellt.

Die Länge der Kurbel ist gleich dem Durchmesser des Cylinders einer Maschine ohne Expansion, aber mit Condensation.

Dimensionen der Warze. Der Durchmesser der Warze wird auf die folgende Weise bestimmt:

Die Belastung, welche sie zu tragen hat, ist die doppelte von der eines jeden Zapfens am Ende des Balanciers; man braucht demnach nur anzunehmen:

1) Balancier-Zapfen: $\delta = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$;

2) Kurbel-Warze: $\delta''' = 3{,}2 \left(\frac{18}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$;

daher $\delta : \delta'' = 1 : 2^{\frac{1}{3}}$;

und $$\delta''' = \delta \sqrt[3]{2} = 1{,}26\ \delta.$$

Der Werth von δ ist schon vorhin angegeben worden.

Was nun die Länge der Warze anbetrifft, so ist sie nach der Beschaffenheit des zu der Lenkstange angewendeten Metalles verschieden.

Wenn nun die Lenkstange aus Gußeisen besteht, so beträgt die Länge der Warze 1,5 δ''', wegen des Kopfes, der eine gewisse Kraft erfordert.

Wenn die Lenkstange aus Schmiedeeisen besteht, so ist die Warze, welche ein Lenkerende mit gewöhnlichen Futtern tritt, nur 1,2 δ''' lang.

Um den Durchmesser der Naben-Oeffnung zu bestimmen, welche wenigstens gleich dem der Zapfen von dem Schwungrade sein muß, so bemerken wir, daß diese Welle der Torsion unterworfen ist, wogegen die Warze nur die Einwirkung einer zerreißenden Kraft in der Querrichtung unterworfen ist. Wir wollen die beiden Fälle einer schmiedeeisernen und gußeisernen Schwungradswelle untersuchen.

1) Innerer Durchmesser der Nabe für eine schmiedeeiserne Schwungradswelle. Zur Bestimmung des Durchmessers von dem Wellzapfen dient die Formel von Robertson:

$$\triangle^3 = 2{,}3\ \frac{A}{n} \times \frac{9}{14}$$

in welcher $\triangle$ den gesuchten Durchmesser bezeichnet, A die Größe der Wirkung, welche in der Minute in Kilogrammmetern mitgetheilt werden muß, und n die Anzahl von der Umdrehung der Welle in der Minute.

Wenn R der Kurbelhalbmesser ist, und Q die Belastung auf die Warze, welche tangentiell auf die Peripherie zurückgeführt worden ist, so hat man: in der Minute mitgetheilte Arbeit $A = 2\,\pi\,R\,n\,Q$, wobei π das Verhältniß der Peripherie zum Durchmesser $= 3{,}1415926$.

Zur Bestimmung des Warzendurchmessers hat man die Formel: $\delta''' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14}\,Q\right)^{\frac{1}{3}}$ in welcher Q die ganze Belastung auf die Warze ausdrückt.

Man deducirt daraus: $$\delta'''^3 = 32{,}8\ \frac{9}{14}\ Q$$

und: $$Q = \frac{14\ \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}$$

Anderntheils hat man $Q = \frac{A}{2\ \pi\ R\ n}$, denn A, die in der Minute fortgepflanzte Größe der Wirkung, ist gleich Q, multiplicirt mit dem durchlaufenen Weg $2\ \pi\ R\ n$ in derselben Zeit.

Man deducirt daraus: $$\frac{14\ \delta'''^3}{32{,}8 \times 9} = \frac{A}{2\ \pi\ R\ n}$$

und: $$A = \frac{2\ \pi\ R\ n \times 14\ \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}$$

Ersetzt man A durch diesen Werth in dem Ausdruck:

$$\triangle^3 = 2{,}3\ \frac{A}{n} \times \frac{9}{14}$$

so erhalten wir: $$\triangle^3 = 2{,}3\ \frac{2\ \pi\ R \times 14\ \delta'''^3}{32{,}8 \times 9} \times \frac{9}{14}$$

$$= \frac{2{,}3 \times 2\ \pi\ R\ \delta'''^3}{32{,}8} = 0{,}44\ R\ \delta'''^3$$

und $$\triangle = 0{,}76\ \delta'''\ \sqrt[3]{R}\ .\ .\ .\ .\ (1)$$

eine Formel, in welcher D, δ''' und R in Centimetern ausgedrückt sind.

Läßt man die Anzahl der Umgänge n weg, so sieht man dadurch, daß das Verhältniß zwischen $\triangle$ und δ''' gleich ist, sei auch die Geschwindigkeit, welche sie wolle.

2) Innerer Durchmesser der Nabe für eine gußeiserne Schwungradwelle. In diesem Falle verändert sich nur $\triangle$ in der Formel, welches wird:

$$\triangle = 2{,}3\ \frac{A}{n}$$

weiter oben haben wir gefunden: $A = 2\ \pi\ R\ n\ Q$,

alsdann $$A = \frac{2\ \pi\ R\ n \times 14\ \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}$$

alsdann wird $$\triangle^3 = \frac{2{,}3\ 2\ \pi\ R\ n \times 14\ \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}$$

$$= 0{,}685\ R\ \delta'''^3$$

woraus man ableitet: $$\triangle = 0{,}88\ \delta'''\ \sqrt[3]{R}\ .\ (2)$$

Wenn wir die Formeln (1) und (2) auf einige besondere Fälle anwenden, so bilden wir die folgende Tabelle, welche ebenfalls bei den gewöhnlichen Hebeln mit einem Kopf angewendet werden kann.

Tabelle über die innern Durchmesser der Naben, und über die Kurbelwarzen für verschiedene Längen.

Halbmesser der Kurbel.	Durchmesser der Warze.	Innerer Durchmesser der Naben für Wellen.		Halbmesser der Kurbel.	Durchmesser der Warze.	Innerer Durchmesser der Naben für Wellen.	
		Von Schmiedeeisen.	Von Gußeisen.			Von Schmiedeeisen.	Von Gußeisen.
Centimeter.	Abgeleitete Zahlen.	Abgeleitete Zahlen.	Abgeleitete Zahlen.	Centimeter.	Abgeleitete Zahlen.	Abgeleitete Zahlen.	Abgeleitete Zahlen.
5	1	1,30	1,50	80	1	3,30	3,80
10	1	1,80	1,79	85	1	3,35	3,87
15	1	1,90	2,17	90	1	3,40	2,95
20	1	2,10	2,38	95	1	3,47	4,01
25	1	2,22	2,57	100	1	3,54	4,08
30	1	2,36	2,74	110	1	3,65	4,20
35	1	2,50	2,87	120	1	3,75	4,35
40	1	2,60	3,02	130	1	3,85	4,46
45	1	2,70	3,13	140	1	3,95	4,58
50	1	2,80	3,25	150	1	4,05	4,69
55	1	2,90	3,35	160	1	4,14	4,78
60	1	3,00	3,45	170	1	4,22	4,89
65	1	3,05	3,54	180	1	4,30	4,96
70	1	3,14	3,63	190	1	4,37	5,08
75	1	3,21	3,72	200	1	4,45	5,15

Die Breite und die Stärke des Krummzapfens können wie die des Balanciers berechnet werden; allein man gelangt auf diese Weise zu einem zu schwachen Resultat, indem die Kurbel Erschütterungen ausgesetzt ist, welche stets Brüche zu veranlassen suchen, und eine Vermehrung der Stärke erfordern, welche die Praxis allein angiebt. Wir verweisen daher wegen der Bestimmung dieser Dimensionen im Verhältniß zu dem innern Durchmesser der Nabe, auf die Figuren.

Lenker, Lenkstangen, Kurbelstangen, Bleuel.

Die Lenker sind unbiegsame Stangen, deren Enden gewöhnlich eine verschiedenartige Bewegung haben, so daß ihr Körper eine schwingende Bewegung hat; sie sind daher sowohl den Einwirkungen des Zerreißens, als auch des Zerdrückens in der Längenrichtung unterworfen.

Die Lenker haben je nach der Art der Maschine, bei denen sie angewendet werden, mehrere verschiedenartige Formen, auch bestehen sie entweder aus Gußeisen, oder aus Schmiedeeisen.

Die gußeisernen Lenker wendet man jetzt fast nur bei feststehenden Balancier-Maschinen an; in allen übrigen Fällen bestehen sie aus Schmiedeeisen.

Gußeiserne Lenker. Die gußeisernen Lenker (Taf. V., Fig. 29, 30 und 31.) haben gewöhnlich eine Gabel; zuweilen, wenn der Balancier aus zwei Hälften besteht, zieht man es vor, wenn die Sache unmöglich ist, ihm zwei Köpfe zu geben; jedoch ist dies selten der Fall.

Die Verbindung der Gabel mit dem Zapfen am Ende des Balanciers erfolgt mittelst Futtern und Clavetten.

Der Körper des Lenkers hat statt vollkommen rund zu sein, wie bei den schmiedeeisernen Lenkstangen, den in Fig. 31. dargestellten Querschnitt. Vier Verstärkungsrippen nehmen von der Mitte bis zu den Enden parabolisch ab, und haben den Zweck, das Schwanken zu vermeiden, welches nothwendig aus der schwingenden Bewegung dieses Stückes erfolgen würde, wenn es cylindrisch wäre und einen geringern Durchmesser hätte, obgleich es massiv ist.

Der Kopf des Lenkers besteht zuweilen aus einem Bügel mit Futtern, gewöhnlich ist er aber mit dem übrigen Theile des Lenkers aus einem Stücke gegossen. Er ist mit einer hinreichend großen Oeffnung versehen, so daß die Futter leicht hineingelegt und herausgenommen werden können; mit dem übrigen Theil des Len-

kers ist der Kopf durch einen etwas conischen Theil, mit kreisförmigem oder ovalem Durchschnitt, wie man es will, verbunden. Es ist dieser Theil lang genug, so daß die Kurbel unter dem Ringe durchgehen kann, welcher den Anfang des Lenkerkörpers andeutet.

Da der Lenker oft Wirkungen der Torsion ausgesetzt ist, indem die Zapfenlager der Schwungradwelle häufig schlecht aufgestellt, oder aus ihrer gehörigen Lage gekommen sind, so construirte der geschickte Maschinenbauer Edwards zu Chaillot seine Lenkstange aus zwei Theilen, aus der Gabel und dem Körper, die durch einen eisernen Bolzen unter einander verbunden sind, und welcher dem Körper gestattet, sich während der Bewegung der Maschine um sich selbst zu drehen (Fig. 32, 33, 34 und 35.)

Ohne uns bestimmt gegen diese kostbare Einrichtung auszusprechen, sind wir der Meinung, daß es zweckmäßiger sei, für die Festigkeit des Ganzen solche Einrichtungen zu treffen, daß die Wirkung der Torsion, deren Wirkung die besprochene Construction heben soll, gar nicht zu fürchten ist, welches man dadurch erreicht, daß man dem System Einheit giebt, d. h. alle Stücke fest untereinander verbindet, wohin hauptsächlich gehört, daß man das Ganze an einer starken Sohlplatte anbringt.

Schmiedeeiserne Lenker. Dieselben haben entweder zwei Köpfe, oder einen Kopf und eine Gabel, wie die gußeisernen Lenker.

Die Gabel, welche noch von einigen Maschinenbauern angewendet wird, ohne daß dies besonders erforderlich ist, ist nicht allein sehr kostbar, sondern veranlaßt auch ein Zerbrechen des Lenkers, wenn sich derselbe am Anfang des Körpers biegt, welches leicht der Fall ist. Seit langer Zeit haben geschickte Maschinenbauer die Gabel in allen denjenigen Fällen aufgegeben, in denen sie nicht unersetzlich ist, und sie nur bei kleinen Maschinen beibehalten, bei denen die Kolbenstange durch ein Support, oder durch jeden andern Apparat geführt wird, welcher die Verbindung mit einem Lenkerkopf unmöglich macht.

Die schmiedeeisernen Lenkerköpfe haben entweder Bügel, Futter und Clavetten, wie wir weiter oben sahen, oder sie sind mit dem Körper aus einem Stück geschmiedet, und haben alsdann eine Oeffnung zur Aufnahme der Pfannen oder Futter, die auch in diesem Falle mit Clavette befestigt werden.

Lange Zeit hindurch hat man den Lenkstangen der Locomotiven die in Fig. 1., Taf. VI. dargestellte Form gegeben. Diese Lenker waren dem großen Nachtheil unterworfen, an dem Punkte

a zu zerbrechen, so gering auch die Breite ist, auf welcher die Futter über die Kniee der Triebscheibe greifen. Die Herren Sharp und Roberts zu Manchester und nach ihnen alle übrigen Maschinenbauer haben statt dieser nachtheiligen Einrichtung, die in Fig. 2. dargestellte angenommen, welche durch die Erfahrung als sehr zweckmäßig erkannt worden ist. Seitdem ist man noch weiter gegangen; denn wenn man auch nicht mehr den Bruch der Lenker zu befürchten hatte, so fielen doch hin und wieder die Clavetten heraus, so daß sich auch die übrigen Theile lösen und Unfälle veranlassen konnten. Um dies zu vermeiden, ersetzte man die geschlossenen Köpfe durch bewegliche Bügel; die Fig. 3. stellt einen Lenker dieser Art dar, der mit Pfannen und Charnieren versehen ist, die mit der Hülse der Kolbenstange verbunden sind, welches jetzt in Folge einer eigenthümlichen Einrichtung der Schlitten, zwischen denen sich die Kolbenstange bewegt, nicht mehr geschieht. Die Fig. 4, 5 und 6. stellen mit den Details von dem einen Kopfe, einen Locomotivenlenker dar, so wie er von Herrn Stephenson angewendet wird; die Bügel sind durch Schraubenmuttern geschlossen. Unserem Erachten nach hat diese Einrichtung das Nachtheilige, die Köpfe zu vergrößern, ohne sie fester zu machen. Außerdem haben diese Lenker auch nicht das angenehme Ansehn, als die gewöhnlichen mit Clavetten. Bei den Balanciermaschinen für Dampfböte, besteht der Hauptlenker aus zwei Theilen, nämlich: aus einer Querstange mit zwei Köpfen, von denen jeder mit dem Ende des einen Balanciers, und mit einem Körper verbunden ist, der eines Theils in einen gewöhnlichen Kopf mit Bügel, Pfannen und Clavetten ausläuft, der sich mit der Warze der Triebkurbel verbindet; andern Theils in einen cylindrischen Theil mit Absatz, der in eine Hülse in die Mitte der Querstange tritt (Fig. 7.).

Diese Einrichtung haben wir stets für schlecht anerkannt, indem der Lenker einen Punkt hat, wo er zerbrechen kann, nämlich den untern Theil des Körpers. Wir sind der Meinung, daß man diesen Nachtheil vermeiden könnte, wenn man die Enden des Balanciers mit einer und derselben Achse verbände, welche in ihrer Mitte durch einen gewöhnlichen Kopf vereinigt ist.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Gußeiserne Lenker. Die Fig. 29, 30 und 31., Taf. V. geben die verhältnißmäßigen Dimensionen, so wie sie uns am zweckmäßigsten erschienen sind, wobei der Durchmesser der Dampf-

kolbenstange als 1 angenommen worden ist. Die Durchmesser von dem Zapfen der Gabel und des Kopfes sind, der erstere gleich 1,2, und der andere gleich 1,44 angenommen worden ist, d. h. 1,2 auf 1,2. Die Breite des Kopfes beträgt 1,44 oder 2,16.

Schmiedeeiserne Lenker. So wie wir schon oben, als wir von den Enden und Bügeln der Lenker redeten, bemerkten, sind die Durchmesser am Anfange des runden Theils höchstens gleich denen der Zapfen der Gabel. Der Durchmesser in der Mitte ist am schwierigsten zu bestimmen, weil er nothwendig nach der Länge des Stücks verschieden sein muß. Das beste Mittel zu seiner Bestimmung mit hinreichender Näherung, besteht in der Annahme einer Neigung, wenngleich die erzeugende Curve der Körper-Oberfläche eines Lenkers eine Parabel und nicht zwei zur Achse geneigte gerade Linien sind.

Für Lenker von geringem Durchmesser, kann die in der Mitte gemessene Neigung 5 Millimeter auf das Meter betragen, so daß der Durchmesser in der Mitte des Körpers etwa 1 Centimeter mehr beträgt, als an den Enden, wenn der Körper 2 Meter lang ist. Bei starken Durchmessern kann diese Neigung noch etwas erhöht werden.

Die Lenker sind von allen Maschinenstücken diejenigen, welche aus dem Gesichtspunkt der Eleganz und der Leichtigkeit am meisten studirt werden müssen; es lassen sich daher für diese Stücke keine Regeln vorschreiben, wie es bei den übrigen der Fall ist. Die hier mitgetheilten proportionalen Dimensionen haben daher weit mehr den Zweck, dem Maschinenbauer eine Anleitung bei der Auswahl derjenigen zu geben, die er wählen soll, als sie auf eine scharfe Weise zu bestimmen.

Wellen und Achsen.

Die Wellen und die Achsen sind Stücke, welche, obgleich sie sehr verschieden, dennoch in gewisser Beziehung eine so große Analogie darbieten, daß es unmöglich ist, die einen ohne die andern zu erklären *). Sie bestehen im Allgemeinen aus Guß- oder aus Schmiedeeisen, und sind aus drei Theilen zusammengesetzt, nämlich:

---

*) Eine Achse ist eigentlich weiter nichts als eine kleine Welle, und der deutsche Maschinist macht den Unterschied nicht; allein er ist jedenfalls bequem und wird demnach hier beibehalten.

1) Dem Körper, der aus einem Cylinder, oder aus einem regelmäßigen Prisma besteht, dessen Länge wenigstens gleich dem sechsfachen Durchmesser ist.

2) Den Zapfen, die aus mehrern Cylindern bestehen, die einen geringern Durchmesser als der Körper haben, so wie eine Länge, welche ihren Durchmesser wenig übersteigt.

3) Den Trachten, d. h. den Stellen zur Aufnahme von Bewegungstheilen, welche aus mehrern Cylindern oder regelmäßigen Prismen bestehen, von einem bedeutendern Durchmesser, als der Körper, und von einer sehr verschiedenen Länge.

Die Zapfen sind die Verbindungspunkte der Wellen oder Achsen mit den Lagern. Die Trachten sind diejenigen Punkte, an denen die Naben der bewegenden Theile mit der Welle verbunden werden.

Die Wellen haben stets wenigstens zwei Zapfen an ihren Enden. Die Achsen haben nie mehr als zwei, die gänzlich an den Enden liegen, und zuweilen nur einen einzigen und heißen alsdann Warzen.

Die Wellen haben wenigstens zwei Trachten, welche als Vereinigunspunkte verschiedener Stücke dienen, von denen das eine der Motor des andern ist. Die Achsen dagegen haben nie mehr als eine Tracht für zwei Zapfen, oder zwei Trachten für einen. Es folgt daraus, daß die Wellen der Wirkung der Torsion unterworfen sind, während es bei den Achsen nie der Fall ist.

Die Wellen werden durch ihre Zapfen an ihrem Platz erhalten; die Achsen werden es durch ihre Tracht.

Die Wellzapfen ruhen nur auf festen Lagern; die der Achsen sowohl auf festen, als auf beweglichen, je nach der mechanischen Beschaffenheit der Nabe, welche die Tracht aufnimmt.

Die Wellen haben stets eine kreisförmige Bewegung, entweder eine continuirliche, oder eine wiederkehrende, um ihre mathematische Achse. Die Achsen nehmen jede Art der Bewegung an.

1) Körper der Wellen und Achsen. Die Wellkörper sind entweder massiv oder hohl, wogegen der der Achsen stets massiv ist. Die Anwendung von hohlen Körpern zu den Wellen rührt daher, daß bei gleicher Oberfläche die ringförmigen Durchschnitte der Biegung und der Torsion mehr widerstehen, als die kreisförmigen massiven Durchschnitte.

Wenn die Zapfenlager der Wellen einander sehr nahe stehen, so giebt man dem Körper entweder einen kreisförmigen Durch-

schnitt mit dem Zapfen, oder einen polygonalen, der den der letztern umschreibt.

Liegen die Lager sehr weit von einander entfernt, so ersetzt man die cylindrische oder prismatische Form durch eine parabolische, deren Querschnitt sich mittelst der Formeln berechnen läßt, welche sich auf die Biegung zwischen zwei Stützpunkten bezieht, nämlich:

$$P \frac{a\,(l - a)|}{l} = \frac{R\,\pi\,r^3}{4}$$

Wenn die Welle aus Gußeisen besteht, so kann man statt der massiven parabolischen Form, hinreichende Verstärkungsrippen oder Federn anwenden, welche stets weniger Gußeisen erfordern. In diesem Falle ersetzt man das zweite Glied der obigen Gleichung, welches sich auf kreisförmige Durchschnitte bezieht, durch dasjenige, welches rechteckigen Durchschnitten angehört, und welches ist:

$$\frac{R\,a\,b^2}{6}$$

wobei **a** die Stärke einer Feder und **b** die ganze Höhe zweier entgegensetzten Federn ist, mit Inbegriff der ganzen Höhe des Wellkörpers.

Da die Körper der Achsen gewöhnlich sehr kurz sind, so bestehen sie im Allgemeinen aus zwei einander entgegenstehenden abgestumpften Kegeln, von denen der schwache Theil den Zapfen, und der starke der Tracht zugekehrt ist (Fig. 9., Taf. VI.).

2) Zapfen. Die Zapfen sind stets massiv und mit einem oder mit zwei Hälsen **A** und **B** (Fig. 10 und 11.) versehen, deren Zweck es ist, sie in ihren Lagern zu erhalten. Haben sie nur einen Hals, so ist der des Endes **B** weggelassen.

Wir haben gesagt, daß die Wellen der Torsion und der Biegung widerstehen, während die Achsen nur der letztern allein Widerstand zu leisten haben.

Was nun die Torsion betrifft, so ist es gebräuchlich, die Dimensionen der Wellen nach denen zu bestimmen, welche man für die Zapfen erlangt.

In Beziehung auf die Biegung gilt diese Regel nur dann, wenn die Länge den Durchmesser nur 12 Mal übersteigt.

Wir haben weiter oben die Formeln von Robertson mitgetheilt, welche sich auf die Wellen oder Achsen, die der Einwirkung der Torsion unterworfen sind, beziehen. Haben diese Stücke

der Biegung zu widerstehen, so berechnet man die Zapfendurchmesser mittelst der nachstehenden Formel, welche ebenfalls von Robertson herrühren:

Für Gußeisen . . . . $d = 3{,}2\ Q^{\frac{1}{3}}$

Für Schmiedeeisen . $d' = 3{,}2\ \left(\frac{9}{14}\ Q\right)^{\frac{1}{3}} = 2{,}76\ Q^{\frac{1}{3}}$

Dazu kommt noch $\frac{1}{8}$ mehr für die Abnutzung. In diesen Formeln bezeichnen:

d und d' die Zapfendurchmesser in Centimetern.

Q die wirkliche Belastung auf die beiden Wellzapfen in metrischen Centnern.

Wenn die Last auf den beiden Zapfen nicht gleich vertheilt ist, so drückt Q das Doppelte der Last auf jeden von ihnen aus. Wenn dennoch die Belastung 20 metrische Centner beträgt, und wenn der eine Zapfen davon 7, und der andere 13 trägt, so hat man für den ersten: Q = 14, und für den zweiten: Q = 26.

Die Werthe von d und d', welche man mittelst dieser Formeln erhält, sind zweckmäßig, wenn die Maschinen nicht größer als 20 Pferdekräfte sind; bei größern Maschinen sind sie zu bedeutend.

Die proportionalen Verhältnisse sind, wenigstens unserer Ansicht nach, sowohl für die Wellen, als auch für die Achsen dieselben. und in den Fig. 10 und 11. Taf. VI. angegeben. Auf diese Weise können sowohl für Lenkerfutter, als auch für Zapfenlager dieselben Pfannenmodelle angewendet werden. Bei hölzernen oder hohlen gußeisernen Wellen bilden die Zapfen besondere Stücke, welche mit jenen verbunden sind; die Fig. 12., 12 bis und 13 stellen zwei Vorrichtungen schmiedeeiserner Zapfen dar, welche in hölzernen Wellen befestigt sind.

Die Fig. 14, 15, 16, 17 und 18. stellen drei Einrichtungen gußeiserner Zapfen dar, welche ebenfalls in hölzernen Wellen befestigt sind. Die Fig. 17. giebt die Art und Weise der Verbindung an, welche für diese verschiedenen Fälle gebräuchlich ist; die Welle endigt in einen Kegel, und wenn die Basis des Zapfens im Innern befindlich ist, so bindet man das Ganze durch eiserne Reifen.

Die Fig. 19, 20 und 21. stellen die Verbindung eines gußeisernen Zapfens mit einer hohlen gußeisernen Welle dar. Wenn der Zapfen einer gußeisernen Welle aus Schmiedeeisen besteht, so giebt man ihm die Form einer Warze (Fig. 22.), und man verbindet

ihn mit der Welle, wie die Trachten mit den Naben, d. h. mittelst zweier gleicher cylindrischer Theile, von denen der eine convex und der andere concav ist, und die mit einem Schlüssel und einem halbrunden Keil, oder mit 4 Clavetten versehen sind.

3) Trachten. Früher machte man die Trachten der Wellen sämmtlich prismatisch. Es kam dies daher, weil man, wegen der Unvollkommenheit der Bohrmaschinen, genöthigt war, die Naben auf ihre Wellen, und die Achsen in ihren Naben festzukeilen. Jetzt ist dies aber anders, und man macht alle Trachten cylindrisch und giebt ihnen einen Durchmesser, der gleich dem der ausgebohrten Nabe ist. Wegen der Details der Verbindung der Trachten mit den Naben, verweisen wir auf das weiter oben über diesen Gegenstand Gesagte.

Gebrochene oder gekröpfte Wellen.

Wenn man die Bewegung einer Welle mittelst eines Lenkers mittheilen will, welche sich in einer Ebene bewegt, die diese Welle an irgend einem Punkt ihrer Länge durchschneidet, so ist es alsdann nothwendig, sie zu brechen oder mit einer Kröpfung zu versehen, die sich zu dem Lenker ganz genau so wie eine Kurbel verhält. Die Formen der Kröpfungen sind nach den Umständen verschieden, unter denen die Wellen vorkommen.

Bei gußeisernen Wellen kann man den Kröpfungen jede gewünschte Form geben; auch macht man sie in diesem Falle gewöhnlich gerade (Taf. VI., Fig. 8.).

Bestehen die Wellen aus Schmiedeeisen und sind sie nur mit zwei Zapfen an den Enden versehen, so giebt man ihnen die Gestalt der Fig. 23 und 24., wobei die Fäden oder Nerven des Metalles nicht unterbrochen werden. Zuweilen kann man jedoch eine solche Einrichtung nicht befolgen; bei den Locomotiven z. B. muß man den gebrochenen Wellen die Form der Fig. 25 und 26. geben. Wenn die schmiedeeisernen Wellen mit vier Zapfen versehen sind, welche den beiden Theilen des Körpers gestatten, sich auf jeder Seite der Kröpfung für sich in der mathematischen Bewegungsachse zu drehen, wie dies bei den Maschinen der Dampfböte der Fall ist, so wendet man alsdann Kröpfungen, die mit zwei daran befestigten Kurbeln versehen sind (Fig. 27, 28 und 29.). Diese Einrichtung hat eine große Analogie mit der der Kurbel; dennoch muß sie hier erwähnt werden, indem sie mit vielem Vortheil angewendet werden kann. In der Fig. 28. sieht man, daß die Warze, welche die Verbindung mit dem Lenker bildet, mit

einer der Kurbel befestigt und mit der Warze der andern durch einen Bügel Fig. 29. verbunden ist. Es ist dies nicht unerläßlich; denn man kann mit einer einzigen Warze, welcher man eine hinreichende Länge giebt, so daß sie vollständig durch die ganze Kurbel geht, welche in diesem Fall cylindrisch ausgebohrt ist, zu demselben Zweck gelangen. Im Allgemeinen vermeidet man die gebrochenen Wellen bei den Maschinen so viel als möglich, theils wegen ihrer Zerbrechlichkeit, als auch wegen ihrer schwierigen Anfertigung, wenn sie aus Schmiedeeisen bestehen müssen. Die Locomotiven geben einen offenbaren Beweis davon, denn ohnerachtet einer zehnjährigen Erfahrung bei der Anfertigung der Kurbelwellen hat man es doch im Allgemeinen vorgezogen, auf die Anwendung außerhalb liegender Cylinder zurückzukommen, wodurch man der Anwendung dieser schwierigen Maschinentheile überhoben ist.

Excentrische Scheiben.

Die excentrischen Scheiben oder Excentrica sind Maschinenstücke, deren Zweck es ist, die continuirlich-kreisförmige Bewegung einer Welle in eine andere, wiederkehrend geradlinige oder kreisförmige umzuwandeln.

Man unterscheidet mehrere Arten von Excentriken, je nachdem die Bewegungs-Mittheilung regelmäßig, unterbrochen oder verschiedenartig ist.

Die excentrischen Scheiben zur Mittheilung einer regelmäßigen Bewegung bestehen im Allgemeinen (Fig. 11., Taf. I.) aus einer kreisförmigen Scheibe **A**, die aus einem oder aus zwei Stücken besteht, sie ist mit vorspringenden Rändern oder mit einer Kehle versehen, welche ein aus zwei Stücken bestehendes Schloßband **B** umfaßt. Dieses Schloßband ist mit der Stange oder dem Lenker **C** verbunden, mittelst deren die Bewegungs-Mittheilung stattfindet. Die Scheibe ist mit einer ausgebohrten Oeffnung versehen, die einen gleichen Durchmesser mit der der Welle hat, auf welcher sie befestigt wird. Die Stellung dieser Oeffnung wird nach dem Lauf bestimmt, welchen der mit der wiederkehrenden Bewegung begabte Theil haben muß. Dieser Lauf ist der doppelte von der Entfernung der Achsen, der Welle und des Excentricums, wovon man sich leicht überzeugen kann, indem man bemerkt, daß während der continuirlich kreisförmigen Bewegung der Welle, die Achse des Excentricums um die Achse dieser letztern eine Peripherie

beschreibt, welches für den Durchmesser dieser Peripherie das Doppelte der Entfernung beider Achsen giebt.

Wenn die Welle gerade ist, so kann das Excentricum stets aus einem Stück bestehen (Fig. 11.); zu dem Ende muß man dahin sehen, seiner Tracht auf der Welle einen Durchmesser zu geben, der wenigstens gleich dem der Trachten für die andern Stücke ist.

Wenn die Welle mit zwei Kröpfungen versehen ist, wie bei den Locomotiven mit innenliegenden Cylindern, so ist es durchaus nothwendig, die excentrischen Scheiben aus zwei Stücken bestehen zu lassen, die zwischen den beiden Kröpfungen zusammengesetzt werden müssen. In diesem Falle giebt man ihnen die Gestalt von Fig. 12., Taf. I., bei welcher die Vereinigung der beiden Stücke mittelst zweier Bolzen mit Clavetten, oder mit Schraubenmuttern bewirkt wird.

Die excentrischen Scheiben werden gewöhnlich von Gußeisen angefertigt. Die Schloßbänder bestehen entweder aus Messing, oder aus Schmiedeeisen, von denen die ersteren, unserem Erachten nach, die zweckmäßigsten von allen sind, wenn man dahin sieht, ihnen eine hinreichende Stärke zu geben. Zur Ersparung des Metalles, ohne ihren Widerstand zu vermindern, versieht man sie mit Verstärkungsrippen, so daß sie weniger dick gemacht werden können. Durch dieses Mittel erspart man nicht allein an Material, sondern man vermindert auch das Gewicht, welches für gewisse Maschinen, namentlich die Locomotiven, sehr wohl zu berücksichtigen ist.

Die kreisförmigen Excentrica werden bei den Dampfmaschinen zur Bewegung der Vertheilungsschieber und der Pumpenkolben angewendet; sie haben gegen die Kurbel den großen Vortheil, keine Leitungen zu erfordern und keine Lenker, deren Gelenke bald verdorben werden, wogegen ihre Schloßbänder eine so bedeutende Reibung haben, daß es nicht möglich ist, sie bei der Uebertragung großer Kräfte vortheilhaft zu benutzen.

Obgleich die Bewegung der kreisförmigen Excentrica regelmäßig ist, d. h. ununterbrochen, so können sie doch nicht angewendet werden, wenn es sich darum handelt, ein Stück um gleiche Größen für gleiche Kreisbogen vor- oder rückwärts gehen zu lassen. In diesem Fall muß man die herzförmigen Excentrica (Fig. 13.) anwenden, deren äußere Construction auf die folgende Weise erreicht wird.

Es sei **AB** der Lauf des mit wiederkehrender Bewegung be-

gabten Stückes, und A C die Stärke der Nabe. Aus dem Punkt O, der Mitte von A C, als Mittelpunkt, ziehe man die Halbmesser O a, O b, O c, ꝛc., welche den ganzen Winkel von 180°, der über der Linie D B befindlich ist, in 8 gleiche Theile theilt. Aus demselben Punkt O als Mittelpunkt beschreibt man mit O C plus $\frac{1}{8}$ von C B als Halbmesser, eine Peripherie, welche O a an einem Punkt trifft, den man bezeichnet. Darauf beschreibt man aus demselben Punkt O, als Centrum mit O C plus $\frac{2}{8}$ von C B als Halbmesser, einen zweiten Bogen, welcher O b in einem zweiten Punkt trifft, u. s. f., bis zum Ende. Die bezeichneten Punkte verbindet man durch eine Curve und verfährt auf der andern Seite von A B ebenso. Es ist offenbar, daß für jeden Theil von der Umdrehung der Welle, der gleich $\frac{1}{8}$ der beiden geraden Linien ist, das mit einer wiederkehrenden Bewegung begabte Stück, um $\frac{1}{8}$ von A B vorrückt, welches man erreichen will.

Die excentrischen Scheiben zur Mittheilung der intermittirenden oder aussetzenden Bewegung, bestehen im Allgemeinen (Fig. 14.) aus einem gleichseitigen sphärischen Dreieck, deren Seite die entgegengesetzten Scheitel zum Mittelpunkte haben, und sich um einen dieser Scheitel als Achse drehen. Diese Excentrica unterscheiden sich hauptsächlich von den kreisförmigen dadurch, daß sie keines Halses bedürfen. Sie sind in einem Rahmen befindlich, dessen Breite gleich dem Halbmesser einer jeden von den Seiten, und dessen Höhe wenigstens gleich dem doppelten Halbmesser ist. So wie es die Figur darstellt, ist die excentrische Scheibe an dem Ende einer Welle angebracht. Befinden sich die Excentrica auf der Länge der Welle selbst, so müssen sie bei der Construction eine Veränderung erleiden, deren Zweck es ist, ein Einschneiden des Stückes zu vermeiden. Diese Abänderung ist in Fig. 15. dargestellt, welche von der Fig. 14. dadurch verschieden ist, daß man zu ihrer Erlangung, statt ein gleichseitiges Dreieck zu construiren, deren drei Scheitel den drei Seiten zu Mittelpunkten dienen, man damit anfängt, eine Nabe A zu lassen, welche eine hinreichende Stärke hat, um die Befestigung der excentrischen Scheibe auf der Tracht der Welle zu gestatten. Ist dies geschehen, so beschreibt man aus dem Mittelpunkt b dieser Nabe, mit einem Halbmesser, welcher der ihrigen gleich ist, und den man um den Lauf verlängert, den Bogen B. Aus irgend einem Punkt c dieses Bogens, mit einem Halbmesser gleich dem Lauf, plus dem dem Durchmesser der Nabe, beschreibt man einen andern Bogen C, welcher B in a schneidet und tangentiell auf der Nabe ausläuft.

Aus dem Punkt a als Mittelpunkt, beschreibt man mit demselben Halbmesser, welcher B in c schneidet und ebenfalls tangentiell auf der Nabe endigt. Auf diese Weise braucht man auf der Welle keinen Einschnitt zu machen, und jedes Stück kann für sich vollendet werden. Die Rahmen der dreieckigen Excentrica werden auf verschiedene Weise construirt, worauf wir später zurückkommen. Sie haben das Nachtheilige, zwei Leitungen zu erfordern, indem die geradlinige wiederkehrende Bewegung für sie unerläßlich ist, die das Excentricum nicht umfassen.

Wir werden weiter unten sehen, daß bei den Dampfmaschinen die dreieckigen Excentrica im Vergleich zu den erstern, nur geringe Vortheile gewähren, und nicht für alle Geschwindigkeiten zulässig sind.

Die excentrischen Scheiben für die Mittheilung veränderlicher Bewegung, nehmen alle möglichen Formen an. Sie sind entweder wie die vorhergehenden von Rahmen umschlossen, oder sie befinden sich zwischen zwei Frictionsrollen, welche ihnen gestatten, alle Arten von Krümmungen anzunehmen, denen die letztern besser folgen, als ebene oder convexe Flächen.

Man wendet viele von diesen Excentricen jetzt bei den Dampfmaschinen an, um die Expansion mittelst eines einzigen Schiebers zu bewirken. Man verlangt alsdann von diesen Apparaten, daß, wenn man ihnen die zu dem zu erlangenden Grade der Expansion erforderliche Form giebt, alle normalen unter einander gleich sein, d. h. daß während der ganzen Rotation des Excentricums, die beiden Frictionsrollen zu gleicher Zeit in Berührung bleiben. Wir werden später auch auf diese excentrischen Scheiben zurückkommen, indem wir von den Bewegungen der Dampfvertheiler reden.

Schnur-, Riem- und Kettenscheiben.

Die Scheiben sind gewöhnlich aus Gußeisen bestehende Räder, über welche entweder Ketten, oder Schnüre, oder Laufriemen gehen. Sie bestehen aus drei Theilen, nämlich: aus der Nabe, aus den Armen und aus dem Kranz.

Die Nabe dient dazu, die Scheiben auf den Wellen zu befestigen; die Arme dienen zur Verbindung der Nabe mit dem Kranz; der Kranz trägt das Seil, welches die Scheibe umfaßt.

Wenn die Scheiben Ketten oder Schnüre aufnehmen, so muß ihr Kranz mit einer vertieften Rinne oder Spur versehen sein. Sollen sie dagegen Riemen aufnehmen, so ist der Kranz

eben, oder etwas conver. Die Scheiben mit Spuren unterscheiden sich im Allgemeinen von den flachen Scheiben durch die Arbeit, welche die Arme und die Nabe zu leisten haben.

Bei den Scheiben mit Spur findet die Bewegungsmittheilung im Allgemeinen von einem Ende der Schnur bis zum andern statt; alsdann haben die Arme nur den Zug auszuhalten, welchen die Kraft und der Widerstand auf jeder Seite des Kranzes ausüben.

Bei den Scheiben mit flacher Bahn dagegen findet die Bewegungsmittheilung am häufigsten von der Welle zum Laufseil, oder umgekehrt statt; alsdann haben die Arme der Wirkung der Biegung zu widerstehen, welche auf ihre Enden die Kraft und der Widerstand ausüben.

Die ersteren haben nur ein so geringes Interesse, daß wir nicht weiter davon reden werden; die zweiten dagegen, so wie die Laufseile, spielen eine so wichtige Rolle in der Mechanik, so daß wir uns länger mit denselben beschäftigen müssen.

Die Scheiben sind entweder auf ihren Wellen befestigt, oder sie gehen auf denselben leer (Fig. 16 und 17., Taf. I.). Die Leerrollen haben weder Schlüssel, noch Clavette, so daß sie nicht gehindert werden, sich auf ihren Wellen zu drehen.

Die Breite der Kränze oder der Bahn einer Scheibe muß wenigstens eben so breit, oder vielmehr etwas breiter, als der Riemen sein, welche sie aufnehmen müssen; sie läßt sich nach dem Widerstande der Laufseile, mittelst der folgenden Formel berechnen:

$$l = \frac{128\ F}{D\ n\ e}.$$

In dieser Formel stellt man dar durch:
l die Breite in Centimetern.
F die übertragene Arbeit in Pferdekräften.
D den Durchmesser der Scheibe in Metern.
n die Anzahl der Umgänge in der Minute.
e die Stärke des Laufseils in Centimetern.

Wenn man z. B. hat:

F = 16 Pferdekräfte, D = 1,20 Meter, n = 60 Umgänge, e = 0,40 Centimeter.

$$\text{So folgt: } l = \frac{128 \times 16}{1{,}20 \times 60 \times 0{,}4} = 71{,}2 \text{ Cent.}$$

Die Anzahl der Arme bei den Scheiben beträgt 3 — 6 und zuweilen noch etwas mehr. Der Widerstand, den ein jeder von

ihnen zu überwinden hat, ist um so geringer, je bedeutender ihre Anzahl ist. Wegen der Bestimmung ihrer Dimensionen verweisen wir auf die Zahnräder, wobei man keine bestimmte zu überwindende Wirkung berücksichtigen muß.

Die Arme sind entweder gerade, oder haben die Gestalt eines S; ihr Querschnitt ist entweder ein Kreuz, oder ein Oval, dessen größter Durchschnitt in der Ebene der Rotationsbewegung liegt. Die geraden Arme haben beim Guß das Nachtheilige, daß sie beim Schwinden des Gußeisens leicht zerspringen.

Aus dem Grunde theilt man die Naben der Scheiben in drei Theile, so daß die Arme auf der Seite des Kranzes schwinden können; man muß alsdann die zwischen den Nabensegmenten gebliebenen leeren Räume ausfüllen und das Ganze durch eiserne Bänder, welche warm angelegt worden sind, zusammenhalten, eine langwierige und kostbare Arbeit, weßhalb auch die aus einem Stück gegossenen Naben den Vorzug verdienen.

Die Arme in der Form eines S werden zur Vermeidung der Nachtheile der geraden Arme angewendet; denn da die Länge dieser Arme bedeutender ist, als die Entfernung zwischen Nabe und Kranz, so folgt daraus, daß die Schwindung durch eine einfache Verrückung der Nabe erfolgt, welche sich um sich selbst dreht.

Die Fig. 18. stellt ein System von Scheiben mit verschiedenen Durchmessern dar, welche sowohl bei Drehwerken, als auch bei der Bewegungsmittheilung an den Moderatoren der Dampfmaschinen sehr häufig angewendet wird. Diese Scheiben, welche stets zu zweien mit einander verbunden sind, und zwar so, daß der größte Durchmesser der einen mit dem kleinsten der andern correspondirt, müssen der Bedingung genügen, daß, seien auch die beiden entsprechenden Peripherien, welche der Laufriemen umgiebt, welche sie wollen, die Länge dieses letztern dennoch stets constant bleibt.

Man genügt dieser Bedingung, indem man bemerkt, daß wenn die Abnahmen der Durchmesser unter einander gleich sind, die Summe von denen der Peripherie, welche gleich weit von den Enden entfernt sind, constant sein muß. Wenn man daher durch $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$, die sechsfachen Durchmesser der Scheibe darstellt, sie unter einander durch die Verhältnisse:

$$D_1 + D_6 = D_2 + D_5 = D_3 + D_4$$

verbunden werden müssen.

Man erreicht dies, wenn man einen Kegel durch sechs parallele Ebenen, welche gleich weit von einander entfernt sind, zerschneidet.

Wirklich, wenn h die Entfernung des Scheitels von der ersten schneidenden Ebene darstellt, und a die Entfernung zwischen zwei auf einander folgenden Ebenen, man als Verhältnisse der Durchmesser der Durchschnitte erhält:

$$D_1 : D_2 : D_3 : D_4 : D_5 : D_6 = h + 5\,a : h + 4\,a : h + 3\,a : h + 2\,a : k + a : h$$

Nun hat man aber:

$$h + 5\,a + h \quad a = 2\,h + 5\,a$$
$$h + 4\,a + h + a = 2\,h + 5\,a$$
$$h + 3\,a + h + 2a = 2\,h + 5\,a$$

demnach:

$$D_1 + D_6 = D_2 + D_5 = D_4 + D_3$$

Zahnräder.

Aus einem allgemeinen Gesichtspunkte betrachtet, sind die Zahnräder die Armaturen, womit man zur Verhinderung des Gleitens die Oberflächen versieht, welche die Bewegung durch Contact gegenseitig übertragen oder mittheilen sollen.

Zu dem Ende bestehen sie aus einer Reihe von unter einander gleichen Erhöhungen, Zähne genannt, welche hinlänglich weit von einander entfernt sind, so daß die Zähne zweier mit einander in Berührung stehender Zähne gegenseitig in einander eingreifen können.

Man betrachtet bei den Maschinen drei Hauptclassen von Oberflächen, auf welche man diese Art und Weise der Bewegungsmittheilung anwendet, nämlich:

1) die ebenen Oberflächen;

2) die cylindrischen Oberflächen;

3) die conischen Oberflächen.

Die mit Zähnen versehenen ebenen Oberflächen nennt man Zahnstangen.

Die mit Zähnen versehenen conischen oder kegelförmigen Oberflächen, nennt man Winkelräder.

In den drei Fällen werden die Zähne durch eine gerade Linie erzeugt, welche sich auf einer die Richtung angebenden Curve bewegt, deren Construction wir weiter unten bestimmen wollen. Sei nun die Oberfläche, welche als richtende Curve angenommen werden kann, welche sie wolle, so ist diese Oberfläche zu gleicher Zeit normal auf derjenigen, auf welcher sich die Zähne befinden, und auf der erzeug nden geraden Linie dieser letztern.

Die Zahnstangen greifen nie in einander ein.

Die Stirnräder greifen entweder in einander oder in Zahnstangen ein.

Die **Winkelräder** greifen nur in einander ein.

Es folgt daraus, daß die Zähne der Zahnstangen und der Stirnräder gleich sein können, so daß wirklich nur zwei Hauptclassen von Rädern existiren, die **Stirn-** und die **Winkelräder.**

Stirnräder, die in Zahnstangen eingreifen, werden dazu angewendet, die kreisförmige Bewegung einer Welle in eine geradlinige zu verwandeln.

Die in einander eingreifenden Stirnräder werden dazu benutzt, die kreisförmige Bewegung einer Welle der einer andern parallelen mitzutheilen.

Die in einander greifenden Winkelräder werden dazu angewendet, die kreisförmige Bewegung einer Welle der kreisförmigen Bewegung einer andern mitzutheilen, welche irgend einen Winkel mit der erstern macht.

§. 1. Stirnräder.

Es seien o und o′ (Fig. 19., Taf. I.) die Achsen zweier Wellen, welche auf der Ebene der Ziehung senkrecht stehen, und deren Rotations-Geschwindigkeiten sich unter einander wie m : n verhalten. Nun hat man nach den Regeln der Statik, wenn man die Halbmesser der Stirnräder mit R und R′ bezeichnet:

$$R : R' = n : m \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

daher:

$$R + R' : R = m + n : n$$

und

$$R = \frac{n}{m + n} (R + R')$$

Giebt man R + R′ einen Werth, der höchstens o o′, der Entfernung der Mittelpunkte gleich ist, so erhält man einen Werth für R und aus dem Verhältniß (1) einen andern Werth für R′.

Kennt man die Halbmesser der Räder, so bleiben nur die Zähne zu bestimmen, d. h. die Curve, welche deren Richtung angiebt.

Um diese Curve zu bestimmen, bemerken wir, daß, wenn die Wellen parallel sind, und man schneidet die Stirnräder durch eine senkrecht auf ihren Achsen stehende Ebene, die beiden Peripherien, welche die Oberflächen in dieser Ebene schneiden, während der Drehung der Wellen stets tangentiell bleiben. Die leitende Curve der Zähne ist daher keine andere, als die durch diese beiden Peripherien bestimmte.

Da nun diese Curve eben ist, so ist die Oberfläche der Stirnräder auch eben.

Es giebt zwei Curven, welche die Bedingungen, die die Zähne

während der drehenden Bewegung der in Eingriff stehenden Räder zu erfüllen haben, gleich gut entsprechen, nämlich:

Die Epicycloide und die Kreisevolvente.

Die Epicycloide, die früher ausschließlich angewendet wurde und die auch jetzt noch sehr verbreitet ist, wird früher oder später gänzlich aufgegeben werden.

Die Kreisevolvente dagegen, welche jetzt nur wenig angewendet wird, wird es ausschließlich, wenn die Maschinenbauer mit ihren Vorzügen genauer bekannt sein werden.

Die Gründe, welche uns zu dieser Meinung über diese beiden Arten von Zähnen veranlassen, werden wir weiter unten aus einander setzen. Wir glauben, daß es zwecklos sein würde, die übrigens bekannte Theorie der erstern mitzutheilen, und ziehen wir es vor, die der zweiten vollständiger zu entwickeln, welche im Allgemeinen wenig bekannt ist, und deren praktische Anwendung bis jetzt nirgend so deutlich aus einander gesetzt worden ist, daß sie in den Maschinenbau-Werkstätten verstanden werden könnte.

Theorie der nach einer Kreisevolvente construirten Radzähne.

Kreisevolvente nennt man die Curve, welche durch den Punkt A (Fig. 20.) einer Peripherie beschrieben wird, wenn sich dieselbe von dieser Peripherie entfernt, indem sie stets auf einer Tangente bleibt, deren Länge zwischen dem Berührungs- und dem beweglichen Punkt, gleich dem des Bogens zwischen dem Ausgangspunkt und dem Berührungspunkt ist.

Wenn man demnach aus den Berührungspunkten **B, C, D, E** ꝛc., die Tangenten **B A′, C A″, D A‴** ꝛc. zieht, und man auf diesen Tangenten Längen aufträgt, welche gleich dem Bogen **B A, C A, D A** ꝛc. sind, so erhält man eine Reihe von Punkten **A, A′, A″, A‴** ꝛc., welche mit einer Curve unter einander verbunden, eine Kreisevolvente geben. In der Praxis beschreibt man diese Curve weit genauer und weit rascher mittelst eines Punktes, der an dem Ende einer Schnur befestigt ist, der sich um einen Cylinder wickelt.

Es seien o und o′ (Fig. 21), wie weiter oben, die Achsen zweier paralleler Wellen **R** und **R′** die Halbmesser der auf diesen Wellen angebrachten Räder, und es seien ihnen Geschwindigkeiten mitgetheilt, welche sich unter einander m : n verhalten.

Aus den Mittelpunkten o und o′ beschreiben wir mit den Radien **R** und **R′** zwei Peripherien. Es sei **T T′** eine beiden

Peripherien gemeinschaftliche Tangente. Jeder Punkt M, auf T T′ zwischen T und T′, kann nach der Definition der Evolvente entweder einer Evolvente der Peripherie von o, oder der Evolvente der Peripherie o′ angehören.

Verzeichnen wir nun diese beiden Evolventen mittelst dieses Punktes und der beiden Theile MT′ der Tangente T T′ durch die weiter oben angegebene praktische Methode, so erhalten wir die beiden Bogen MA, MB.

Die Tangente T und T′ auf die Peripherie o und o′, ist zu gleicher Zeit normal auf die beiden Bogen der Evolventen MA und MB; diese beiden Bogen haben alsdann eine gemeinschaftliche Tangente und sind folglich Tangenten unter einander.

Nimmt man an, daß sich die Peripherien drehen, so daß die beiden Evolventenbogen sich stets berühren, so bleiben beide Bogen fortwährend Tangenten unter einander; nur verändert der Berührungspunkt die Stellung auf der geraden Linie T T′ und wird nach einander M, M′, M″ 2c. (Fig. 22.) denn jeder von den Punkten M, M′, M″ 2c., kann als der Erzeuger der beiden tangirenden Evolventen angesehen werden, wie weiter oben.

Es folgt daraus, daß, wenn man die beiden Räder mit Zähnen versieht, die nach einer Curve dieser Art construirt sind (Fig. 23.), und die weit genug von einander stehen, so daß wenn zwei von ihnen sich zu berühren aufgehört haben, zwei andere schon wieder in einander greifen, die Wirkungen der beiden Räder aufeinander stets nach der Tangente T T′ auf den beiden ursprünglichen Peripherien, gerichtet sind, und daß bei constanten Einwirkungen, der ausgeübte Druck für jeden Zahn constant ist, und zwar von dem Anfange bis zu dem Schluß der Berührung. Dieses Resultat bildet den großen Vortheil der nach einer Kreisevolvente construirten Zähne.

Die epicycloidischen Zähne haben folgende Nachtheile, nämlich:

1) Die Construction der Zähne eines Rades hängt von dem Durchmesser des andern ab, mit welchem es in Eingriff stehen soll.

2) Die Entfernung des Drehungs-Mittelpunktes ist unveränderlich.

3) Die Hebelarme der Kraft und der Last am Berührungspunkte der Zähne, ist vom Anfang bis zum Ende der Berührung verschieden. Die Räder nutzen sich daher ungleich ab, und haben zu Anfang der Berührung des krummen Theils eine stärkere Reibung als am Ende.

Die nach Evolventen construirten Zähne, haben die folgenden Vortheile:

1) Da die Form der Zähne eines Rades von dem Durchmessern abhängt, so kann es mit jedem andern Rade in Eingriff kommen, dessen Zähne nach einer Evolvente construirt sind, vorausgesetzt, daß die Zähne in den beiden Rädern gleich weit aus einander stehen, oder eine gleiche Theilung haben, seien auch ihre Durchmesser, welche sie wollen.

2) Man kann die Wellen nach Belieben einander nähern, oder von einander entfernen, ohne daß die Räder regelmäßig in einander zu greifen aufhören; die Fig. 21. beweis't dies hinlänglich.

3) Da der Druck auf die Zähne gleich ist, so ist ihre Abnutzung auch überall gleich, und es hat dies keinen andern Nachtheil, als daß sie schwächer werden, ohne daß sie die Form verlieren.

Von diesen drei Vorzügen ist der erste ohne Widerrede für den Maschinenbauer am wichtigsten, indem er dadurch eine sehr wesentliche Ersparung an Modellen macht.

Die beiden andern Vortheile haben besonders Werth für den Besitzer der Maschinen, bei denen diese Construction angewendet worden ist.

Wenn die nach Kreisevolventen construirten Zähne, mit den Vortheilen, welche sie gewähren, nicht schneller in allgemeinere Anwendung gekommen sind, so hängt dies von gewissen Schwierigkeiten bei der Ausführung ab, über welche wir einige Aufklärungen geben wollen.

Dimensionen der Zähne.

Es seien: b, die mittlere Stärke der Zähne;

l, ihre Höhe;

a, die Breite des Rades, an welchem sie befindlich sind.

In der Praxis nimmt man folgende Verhältnisse an:

$$P\,l = \frac{R\,a\,b^2}{6} \text{ woraus man folgert: } b^2 \frac{6\,P\,l}{R\,a}$$

Da aber bei den Zahnrädern Stöße stattfinden, welches anderwärts nicht der Fall ist, so giebt diese Formel zu schwache Resultate; weßhalb man auf die folgende Weise verfährt. Man setzt für einen andern Zahn, der einer andern Einwirkung unterworfen ist:

$$b'^2 = \frac{6\, P'\, l'}{R\, a'}$$

Man deducirt demnach aus diesen Formeln:

$$b^2 : b'^2 = \frac{P\, l}{a} : \frac{P'\, l'}{a'}$$

daher:
$$P\, l = \frac{P'\, l'}{a'\, b'^2}\, a\, b^2$$

Bestimmt man den Werth von $\frac{P'\, l'}{a'\, b'^2}$ durch die Erfahrung, so findet man, daß wenn:

$b' = 0{,}03$ M., $a' = 0{,}14$ M., $l' = 0{,}03$ M., $P = 1000$ Kil., der Zahn die größtmöglichste Festigkeit, ohne zerstört zu werden, darbietet, indem 1000 Kil. die obere Grenze der Werthe von P' bilden.

Ersetzt man die Größen a', b', P', l' durch diese Werthe in dem Ausdruck $\frac{P'\, l'}{a'\, b'^2}$, so erhält man, indem man a', b' und l' in Centimetern ausdrückt:

$$P\, l = \frac{1000 \times 3}{14 \times 9}\, a\, b^2 = 24\, a\, b^2$$

Macht man die Lösung in Beziehung auf b^2 und ersetzt a und l durch ihre Werthe in Beziehung auf diese Größe, so erhält man endlich:

$$b^2 = \frac{P \times 1{,}2\, b}{24 \times 4{,}5\, b} = \frac{P}{90}$$

Man hat gefunden, daß man ohne Nachtheil den Nenner des Ausdrucks $\frac{P}{90}$ um $\frac{1}{9}$ erhöhen könne, und aus diesem Grunde wendet man im Allgemeinen die nachstehende Formel an:

$$b^2 = \frac{P}{100}$$

woraus man folgert:

$$b = 0{,}1\sqrt{P},\; l = 0{,}12\sqrt{P},\; a = 0{,}45\sqrt{P}.$$

Hat man auf diese Weise die drei Dimensionen der Zähne bestimmt, womit man ein Rad versehen will, welches eine gewisse Wirkung verrichten soll, so ist es zuweilen der Fall, daß, wenn man die Theilung dieses Rades macht, um den Zwischenraum der Zähne und ihre Form zu finden, daß sich die beiden Curven in einer ge-

ringern Höhe treffen, als 1,2 b. Es folgt daraus, daß die Zähne nicht allein die zweckmäßige Höht haben, sondern auch, daß sie in eine Spitze auslaufen, wodurch sie außerordentlich geschwächt werden, und sich rasch abnutzen.

Dadurch sind in den meisten Fällen die Maschinenbauer, selbst die Vertheidiger der nach Evolventen construirten Zähne, veranlaßt worden, dieselben aufzugeben und zur alten Methode zurückzukehren. Es ist daher von der größten Wichtigkeit, diese Frage gründlich zu studiren, um sich auf eine bestimmte Weise über diese Arten von Zähnen auszusprechen; dies haben wir gethan und wir wollen die Resultate unserer Arbeit summarisch mittheilen.

Bestimmung des höchsten Werthes von b.

Es sei (Fig. 24., Taf. I.) o der Mittelpunkt und R der Halbmesser eines Rades, ab, ac, ad, ae ꝛc. die verschiedenen Stärken, welche die Zähne dieses Rades nach den zu überwindenden Widerständen, baben können.

Es seien außerdem: ac = 2 ab, ad = 3 ab, ae = 4 ab ꝛc.

Beschreiben wir nun den Bogen der Evolvente aq, der durch den Punkt a und die verschiedenen Bogen geht, ebenso auch die Evolventen, welche durch die Punkte b, c, d, e ꝛc. gehen, und eine entgegengesetzte Richtung von aq haben, so daß sie die Zähne schließen. Diese Bogen durchschneiden den ersten in den Punkten m, n, p, q, ꝛc.

Nachdem man auf diese Punkte die Normalen om, on, op, oq ꝛc. gezogen, und so genau als möglich die Höhen mm, nn, pp, qq ꝛc. über der Peripherie gemessen hat, so findet man:

1) Zahn abm	. . . .	mm′ = 1,250 ab	= $\frac{5}{4}$ ab;
2) Zahn acn	. . . . .	nn′ = 1,125 ac	= $\frac{9}{8}$ ac;
3) Zahn adp	. . . . .	pp′ = 1,000 ad	= $\frac{12}{12}$ ad;
4) Zahn aeq	. . . . .	qq′ = 0,950 ae	= $\frac{15}{16}$ ae.

Es folgt daraus, daß, je bedeutender die Stärke des Zahns ist, um so geringer die Höhe zum Verhältniß zu dieser Stärke.

Nimmt man an, daß um l = 1,2 b zu haben, mit einer hinreichenden Dicke am Ende, l′ = 1,5 b sein muß, wobei l′ die Höhe des Punktes, in welchem diese beiden Curven über der Peripherie zusammentreffen, so folgern wir aus den obigen Resultaten, daß, wenn es unerläßlich ist, l′ = 1,5 b zu haben, die

Durchmesser der Zahnräder nicht allen Stärken der gegebenen Zähne b entsprechen können.

Alsdann bietet sich ganz natürlich die folgende aufzulösende Aufgabe dar, nämlich:

Das Verhältniß zu finden, welches zwischen dem Halbmesser R eines Zahnrades und der Stärke b der Zähne stattfinden muß, damit die Höhe l' des Punktes, an welchem die beiden Curven zusammentreffen, gleich 1,5 b sein.

Ohne hier die Reihe der Berechnungen aus einander zu setzen, welche angestellt werden mußten, um zur Lösung dieser Aufgabe zu gelangen, bemerken wir bloß, daß wir gefunden haben, daß, um l' gleich oder geringer als 1,5 b zu machen, b gleich $\frac{1}{12}$ des Halbmessers R sein mußte.

Wir haben aus diesem Resultat die folgende Tabelle aufgestellt.

Tabelle von den größten Dimensionen, welche man, nach den Durchmessern der Räder, den nach der Kreisevolvente construirten Zähnen geben muß.

Durchmesser der Räder in Metern.	Stärke der Zähne in Centimetern b.	Höhe der Zähne in Centimetern l.	Länge der Zähne in Centimetern a.
0,10	0,42	0,50	1,90
0,20	0,84	1,00	3,80
0,30	1,25	1,50	5,60
0,40	1,67	2,00	7,50
0,50	2,10	2,50	9,45
0,60	2,50	3,00	11,25
0,70	2,92	3,50	13,20
0,80	3,34	4,00	15,00
0,90	3,75	4,50	16,90
1,00	4,17	5,00	18,80
1,20	5,00	6,00	22,50
1,40	5,82	7,00	26,40
1,60	6,66	8,00	30,00
1,80	7,50	9,00	33,80
2,00	8,32	10,00	37,60

Wenn die Stärke der Zähne die der in der Tabelle mitgetheilten, für entsprechende Durchmesser übersteigen soll, so ist es dann nothwendig, epicycloidische Zähne anzunehmen.

Anzahl der Zähne.

Eine Schwierigkeit, die bei der Construction der Evolventen-

Zähne auch noch in Betracht kommt, besteht in der Bestimmung der Anzahl der Zähne, welche das Rad haben muß. Wirklich ist es nicht möglich, diese Zahl auf dieselbe Weise zu bestimmen, wie bei den epicycloidischen Zähnen, d. h. indem man den Zwischenraum gleich $\frac{13}{12}$ von dem Zahn macht. Da sich der Zahn von seiner Entstehung bis zu seinem Ende vermindert, so muß der Zwischenraum an der Basis weit geringer sein, als der Zahn.

Wenn $b = \frac{1}{12} R$, $l = 1,2\ b$, so ist die Stärke des Zahns an einem Ende etwa gleich $\frac{1}{3}$ b. Bei Rädern, die tief eingreifen, muß man daher zur Vermeidung der Stöße, welche durchaus nicht stattfinden müssen, diesen Zwischenraum wenigstens $\frac{1}{2}$ b machen, d. h. etwa $\frac{2}{3}$ von b.

Nimmt man die Zahl $\frac{2}{3}$ b an, so findet man, daß die Theilung, welche aus einem Zwischenraum und aus einem Zahn besteht, gleich $b + \frac{2}{3} b = \frac{5}{3} b = 1,66\ b$ ist, welches für die Anzahl der Zähne giebt, indem man b durch $\frac{1}{12}$ R ersetzt:

$$\frac{2\,\pi\,R}{1,666\,\frac{R}{12}} = 45.$$

Wir folgern daraus, daß alle Zahnräder, die nach einer Evolvente construirt sind, und die nicht wenigstens 45 Zähne haben, nicht ganz richtig sein können.

Zahnstangen.

Da die Zahnstangen ebene Flächen sind, so können ihre Zähne nicht nach einer Kreisevolvente construirt sein. Man ersetzt dieselbe durch einen Kreisbogen, dessen Mittelpunkt und Halbmesser sich nach den Entfernungen bestimmen lassen, welche zwischen dem willkürlichen Anfang der Berührung der Zähne und der Peripherie der Radzähne stattfindet. Die wichtigste zu erfüllende Bedingung besteht darin, daß der Mittelpunkt dieses Kreisbogens, der auf der Tangente des Rades liegt, die durch den ersten Berührungspunkt geht, indem während der Bewegung der Berührungspunkt stets auf der Tangente zu dem Rade, durch den Mittelpunkt des Kreisbogens geführt ist, eine Eigenschaft, die sich aus der Construction der Evolvente selbst ableiten läßt.

§. 2. Winkelräder.

Es seien oA, oB (Fig. 25., Taf. I.), die Achsen zweier Wellen, welche in einem Punkt o zusammentreffen, und welche Drehungsgeschwindigkeiten haben, welche sich unter einander wie

m : n verhalten. Aus dem Punkt o ziehen wir die geraden Linien o C, o D, auf solche Weise, daß sich die Winkel A o C, B o D, wie n : m unter einander verhalten, indem man alsdann o E und o D als die Ergänzungslinien zweier Drehungskegel betrachtet, von denen o A, o B die Achsen sind. Wenn beide Kegel mit gleichen Zähnen versehen sind, die verhältnißmäßige Zahlen zu den Winkeln A o C, B o D haben, d. h. die sich wie n : m verhalten, und in einander eingreifen, so ist ihre Drehungsgeschwindigkeit das Umgekehrte von den Zahlen der Zähne, d. h. wie m : n.

Wenn man statt der beiden geraden Linien o C, o D nur eine einzige o E zieht, welche den Winkel A o B in zwei Theile theilt, die n und m proportional sind, so berühren die beiden Kegel einander; es ist dies der Fall bei epicycloidischen Zähnen, während das erstere bei Zähnen der Fall ist, die nach Evolventen construirt sind.

Es ist offenbar, daß bei den Winkelrädern alle Punkte der beiden in Berührung stehenden Oberflächen, die in einer gewissen Entfernung von dem Scheitel oder Gipfel befindlich sind, als sich auf einer Kugel bewegend, und in ihrer Bewegung die Peripherie eines kleinsten Kreises beschreibend, angesehen werden können. Die Evolvente dieser Peripherie wird durch ihren Durchschnittspunkt mit der Erzeugungslinie der berührenden Ebene auf den Kegel hervorgebracht. Indem sich nun dieser Punkt mit der tangirenden Ebene entfernt, so bleibt er doch immer, wie es sich leicht nachweisen läßt, auf der Kugel, welche die Entfernung von dem Scheitel o zu ihrer ersten Lage, zum Halbmesser hat. Es folgt daraus, daß die Curve der Winkelradzähne, welche nach der Evolvente construirt sind, auf einer Kugel liegen, weßhalb man sie Kugel-Evolvente genannt hat.

Wir gehen in weiter keine Details über diese Räder ein, welche in Folge der praktischen Schwierigkeiten, die sie darbieten, um genau construirt zu werden, nur immer annähernd genau mittelst Kreisbogen angefertigt werden. Es ließe sich übrigens sehr viel darüber sagen, allein dies würde uns zu weit von unserm eigentlichen Zweck entfernen, weßhalb wir unsere Leser auf die größern Werke über das Maschinenwesen verweisen.

Dimensionen der Kränze und Arme der Stirn- und Winkelräder.

1) Kränze. Die Stärke der Zahnrad-Kränze ist im Allgemeinen gleich der Höhe l der Zähne. Sind die Räder heftigen

Stößen ausgesetzt, so läßt man den Kranz auf jeder Seite außerhalb des Rades hervorstehen, so daß dieselben zur Hälfte als versenkt erscheinen.

2) Arme. Die Anzahl der Arme der Zahnräder schwankt zwischen 3 und 8; man bestimmt ihre Dimensionen auf die folgende Weise:

Es sei **P** (Fig. 26., Taf. I.) die tangentielle auf das Rad wirkende Kraft, wenn die Anzahl ihrer Arme **n** und ihre Länge **l** ist, so hat man zur Bestimmung ihres Durchschnittes an der Nabe die folgende Formel, nämlich:

$$\frac{P\,l}{n} = \frac{R\,a\,b^2}{6}$$

Die Werthe aber, die man auf diese Weise für **a** und **b** erhält, indem man die eine von diesen beiden Größen angiebt, sind zu schwach, nicht um der Belastung, sondern um dem Schwinden in der Gießerei zu widerstehen.

Man hat sich zu der Erfahrung wenden müssen, um diese Dimensionen gehörig zu bestimmen, und man ist zu folgenden Resultaten gelangt:

1) Der Durchschnitt der Arme in einer Ebene, die senkrecht auf der Länge steht, muß ein Kreuz sein (Fig. 27.), bestehend aus zwei Verstärkungsrippen, von denen die eine der Länge nach läuft, um der Biegung zu widerstehen, und die andere der Quere nach, um den Erschütterungen Widerstand zu leisten.

2) Wenn der Halbmesser der Peripherie 1 Meter beträgt, und die Anzahl der Arme 6, so hat man die folgende Tabelle:

Tangentielle Einwirkung auf das Rad.	Dimensionen in der Mitte der Arme.		Tangentielle Einwirkung auf das Rad.	Dimensionen in der Mitte der Arme.	
	Mittlere Breite der Arme.	Ganze Stärke der 4 Verstärkungsrippen.		Mittlere Breite der Arme.	Ganze Breite der 4 Verstärkungsrippen.
Kilogramme.	Centimeter.	Centimeter.	Kilogramme.	Centimeter.	Centimeter.
10	4,20	1,21	1100	14,50	10,67
40	6,00	2,00	1210	15,50	11,64
80	8,00	3,00	1500	16,00	12,60
158	8,50	3,90	1750	16,50	13,68
244	9,70	4,85	2200	17,00	16,50
336	10,67	6,30	2300	17,50	16,50
430	11,64	6,80	2660	18,00	17,00
580	12,12	8,25	2840	18,50	17,95
730	13,08	8,73	3220	19,00	19,00
870	13,80	9,70	3500	19,50	19,40

3) Wenn man die Breite der Arme in der Mitte zu 1 annimmt, so ist die an der Nabe $\frac{6}{5}$, und die am Kranz $\frac{4}{5}$.

4) Wenn der Raddurchmesser mehr als 2 Meter beträgt, so bestimmt man die Dimensionen der Verstärkungsrippen, indem man setzt:

$$P\ l = \frac{R\ a\ b^2}{6},\ \text{daher}\ .\ .\ .\ b^2 = \frac{6\ P\ l}{R\ a}$$

$$P\ l' = \frac{R\ a\ b'^2}{6},\ \text{daher}\ .\ .\ .\ b'^2 = \frac{6\ P\ l'}{R\ a}$$

man deducirt daraus: $\frac{b^2}{b'^2} = \frac{l}{l'}$, und $b' = b\sqrt{\frac{l'}{l}}$

Nun hat man : $l = 1$ M., demnach : $b' = b\sqrt{l'}$

5) Wenn die Anzahl der Arme eine andere als 6 ist, so berechnet man b durch die gewöhnliche Formel und nimmt eine Mittelzahl an.

Von den verschiedenen Systemen der Zahnräder.

Die Zahnräder haben entweder gußeiserne oder hölzerne Zähne. Bei einer regelmäßigen Bewegung, hat es gar nichts Nachtheiliges, zwei Räder mit gußeisernen Zähnen in einander greifen zu lassen; kommen aber dagegen häufige Stoße vor, so ist es zweckmäßiger, Räder mit hölzernen Zähnen anzuwenden.

Die gußeisernen Zähne sind mit dem Kranz aus einem Stück gegossen, wogegen die hölzernen in dem letztern befestigt sind. Die Zähne haben alsdann einen Stiel, welcher in Stiellöcher in den Kranz tritt. Von allen Arten der Verbindung dieses Stiels mit dem Kranz, ist unsers Erachtens nach die beste diejenige der Figuren 1 und 2. Taf. VII., bei welcher durch den Stiel der Länge nach ein eiserner Stift geht, der zu beiden Seiten vortritt, und zwar so nahe als möglich der innern Fläche des Kranzes.

Wenn die hölzernen Zähne etwas breit sind, so fertigt man sie aus zwei Stücken an, wie in den Fig. 1, 2, 3 und 4., von denen sich die erstern auf Stirn- und die letztern auf Winkelräder beziehen.

Die Zahnräder bestehen entweder aus einem, oder aus mehrern Stücken. Die aus mehrern Stücken bestehenden Räder sind entweder aus zwei oder drei symmetrischen Theilen zusammengesetzt, oder sie haben einen besonders angefertigten Kranz.

Die Fig. 1 und 2. stellen ein Rad mit hölzernen Zähnen dar,

welches aus zwei symmetrischen Theilen besteht. An den Fig. 3 und 4, 5 und 6., haben die Räder einen für sich gegossenen Kranz, der aus einem Stück besteht. Bei dem erstern Rade findet die Verbindung der Arme mit dem Kranz mittelst Bolzen statt; bei dem zweiten wird sie mittelst hölzerner und eiserner Keile bewirkt. Dieses letztere Rad, welches in einer Eisenhütte im Betriebe ist, hat Zähne, welche halb in dem Kranze versenkt sind.

Die Fig. 7, 8 und 9. stellen ein Rad dar, welches, wie bei den vorhergehenden, einen für sich gegossenen Kranz hat, welches aber dadurch verschieden ist, daß der Kranz aus mehrern Theilen besteht, die zu zwei mit den Enden der Arme verbunden sind.

Die Fig. 10, 11, 12, 13 und 14. stellen ein Rad dar, welches wie die vorhergehenden einen für sich bestehenden, und aus mehrern Stücken bestehenden Kranz hat; allein es ist wesentlich von allen andern durch die Construction der Arme und der Nabe, oder des Radkranzes verschieden, welche ebenfalls aus besondern Stücken bestehen. Außerdem hat die Nabe eine solche Einrichtung, daß sie eine Verbindung zwischen einer hölzernen und einer schmiedeeisernen Welle darbietet; die hölzerne Welle ist in dem cylindrischen Theil AB angebracht, und die schmiedeeiserne Welle in dem Quadrat C (Fig. 10 und 13.).

Die Zahnräder bilden den kostbarsten Theil von dem Material der Modell-Werkstätte; es liegt demnach in dem eigenen Interesse der Maschinenbauer, ihre Anzahl so viel als möglich zu vermindern. Nun giebt es aber kein anderes Mittel, um zu diesem Zwecke zu gelangen, als wenn man dies System der Zerlegung in Reihen anwendet. Wir sehen, daß bei den Stirnrädern, deren Zähne nach Kreisevolventen construirt sind, es hinreichend sei, für alle Räder eine gleiche Theilung zu haben, damit sie in einander greifen können. Bei den Winkelrädern ist es unglücklicherweise anders, indem sie nicht mit einander verbunden werden können, als wenn die Durchschnitte auf den Ebenen senkrecht auf den Achsen und bei gleichen Höhen, als Perimeter, Peripherien vom kleinsten Kreise haben, die einer und derselben Kugel angehören.

Lassen wir diejenigen Stirnräder, welche die Anwendung der Kreisevolvente nicht zulassen, und die Winkelräder bei Seite, so schlagen wir für die Stirnräder, deren Zähne nach der Kreisevolvente construirt sind, die folgende Reihe von Verhältnissen zwischen den Geschwindigkeiten der Welle vor, die mit einander durch Zahnräder in Verbindung stehen, nämlich:

= 1 : 1 : 2 : 3 : 4 : 5

welches giebt:

1 zu 1, 1 zu 2, 1 zu 3, 1 zu 4, 1 zu 5, 2 zu 3, 2 zu 5' 3 zu 4, 3 zu 5, d. h. die neuen hauptsächlichsten Geschwindigkeits-Combinationen.

Zur Erlangung dieser Geschwindigkeits-Verhältnisse muß man die umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser haben.

Berücksichtigt man, daß die Leistung der Zahnräder im Allgemeinen proportional ihrem Durchmesser, und daß die Stärke der Zähne nach dieser Leistung verschieden ist, so können wir die folgenden 5 geringsten Durchmesser annehmen, nämlich:

0,10 Met., 0,20 M., 0,30 M., 0,40 M., 0,50 M.

Giebt man den Zähnen der nach diesen Durchmessern construirten Räder die größte Stärke, welche sie haben können, d. h. $\frac{1}{24}$ des entsprechenden Durchmessers, so läßt sich die folgende Tabelle aufstellen.

Tabelle über Stirnräder mit Kreis-Evolventenzähnen, welche fast allen Fällen, die in einer Maschinenbauwerkstatt vorkommen können, Genüge leisten.

Stärke der Zähne in Centimetern.	Durchmesser der Räder und Getriebe, für die Verhältnisse, nach Metern. 1	2	3	4	5
Centimeter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
0,42	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
0,84	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
1,25	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50
1,67	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
2,10	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
Wenn diese Reihe wegen der geringen Stärke der Zähne unzureichend erscheint, so kann man sie durch die folgende fortsetzen, in welcher die entfernten Verhältnisse nothwendig verschwinden.					
2,50	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00
2,92	0,70	1,40	2,10	2,80	—
3,34	0,80	1,60	2,40	—	—
3,75	0,90	1,80	—	—	—
4,17	1,00	—	—	—	—

Die in der Tabelle aufgeführten Verhältnisse gehören im Ganzen 40 Modellen an.

Es bedarf wohl gar keiner weitern Bemerkung, daß diese Modelle nur in dem Maß, als sie erforderlich sind, angefertigt werden. Außerdem muß man so verfahren, daß die Ersatzräder, d. h. dieje-

nigen, welche andere Durchmesser, als die in der Tabelle aufgestellten erfordern, oder andere Zahnstärken, als die aus ihren Durchmessern hervorgehenden, stets mit einem von denen einzugreifen im Stande sein müssen, welche in der Reihe vorhanden sind, so daß wenigstens ein Modell erspart wird.

Wiederholen wir die Anzahl der verschiedenen Zähne, welche man auf diese Weise für gleiche Durchmesser erhält, so findet man, daß es giebt:

				Uebertrag 25				
1	Radmodell	von 0,10	Met.	1	Radmodell	von 1,40	Met.
2	desgl.	von 0,20	=	2	desgl.	von 1,50	=
2	desgl.	von 0,30	=	2	desgl.	von 1,60	=
3	desgl.	von 0,40	=	2	desgl.	von 1,80	=
2	desgl.	von 0,50	=	2	desgl.	von 2,00	=
3	desgl.	von 0,60	=	1	desgl.	von 2,10	=
1	desgl.	von 0,70	=	2	desgl.	von 2,40	=
3	desgl.	von 0,80	=	1	desgl.	von 2,50	=
2	desgl.	von 0,90	=	1	desgl.	von 2,80	=
3	desgl.	von 1,00	=	1	desgl.	von 3,00	=
3	desgl.	von 1,20	=	40			
25 Zum Uebertrag.							

Zweiter Artikel.

Specielle Stücke der Dampfmaschinen.

Eigenthümliche Charaktere der Dampfmaschinen und Erklärung der speciellen Maschinenstücke.

Unter den zahlreichen Mitteln, welche vorgeschlagen, oder angewendet worden sind, um die Triebkraft des Wasserdampfes zu benutzen, giebt es nur eins, welches bis jetzt ausschließlich vorgeherrscht hat und allgemein angewendet worden ist, nämlich: die abwechselnde Wirkung dieses Dampfes auf die entgegengesetzten Flächen eines Kolben, der sich in einem Cylinder bewegt.

In diesem Fall umfaßt die Wirkung einer Dampfmaschine höchstens 6 verschiedene Operationen, nämlich:

1) Die Verdampfung des Wassers.

2) Die wechselweise Vertheilung des Dampfes in dem Cylinder.

3) Die Bewegung des Kolbens, die eigentliche Triebkraft.

4) Die Uebertragung der Bewegung auf die Arbeitsmaschinen.

5) Die Condensation des benutzten Dampfes.

6) Die Speisung des Verdampfungs-Apparates.

Eine jede von diesen Operationen bildet die eigenthümliche Leistung von einem der Theile, woraus eine vollständige Maschine besteht.

Nun sind nach der Einrichtung dieser letztern die Einrichtungen, Formen und Dimensionen der Bestandtheile verschieden; unveränderlich sind nur die allgemeinen Maschinenstücke und gewisse andere, welche, obgleich sie in vielen Maschinen vorkommen, dennoch nicht in dieselbe Kategorie gehören, als die ersteren. Es sind dies diejenigen Stücke, welche wir speciell nennen, und wir wollen sie hier genauer betrachten, und zwar unter denjenigen Formen, welche sie ganz besonders annehmen, wenn sie in den Dampfmaschinen vorkommen.

Wenn wir demnach diese verschiedenen, weiter oben betrachteten Theile einer Dampfmaschine nach und nach überblicken, so finden wir die nachstehenden speciellen Theile, nämlich:

1) In dem Verdampfungs-Apparat:

An dem Ofen: die Roststäbe, die Feuerthür, und das Register.

An dem Kessel: die Röhren, die Hähne, die Ventile, die Sicherheitsapparate.

2) In dem Vertheilungsapparat: den Vertheiler, die Bewegung des Vertheilers, den Moderator der Vertheilung.

3) In dem Apparat zur Bewegung der Kolben: den Cylinder, den Kolben und seine Stange.

4) In dem Apparat zur Mittheilung der Bewegung: den Regulator.

5) In dem Condensations-Apparat: die Luftpumpe, den Kolben, die Klappenventile.

6) In dem Speisungs-Apparat: die Pumpenröhren die Kolben, die Ventile, die Röhren.

Alle diese Stücke, von denen mehrere wiederholt vorkommen, können in 10 verschiedene Gruppen classificirt werden, nämlich: 1) Roststäbe, Ofenthüren und Register. — 2) Die Röhren. — 3) Die Mittel zum Verschluß der Obturatoren. — 4) Die Sicherheits-Apparate. — 5) Die Vertheiler. — 6) Die Bewegungsmittel der Vertheiler. — 7) Die Moderatoren der Vertheilung.

— 8) Die Cylinder und die Pumpenröhren. — 9) Die Kolben. — 10) Die Regulatoren.

In dieser Ordnung wollen wir nun diese verschiedenen Maschinentheile kennen zu lernen suchen.

Fünftes Capitel.

Roststäbe, Ofenthüren und Register.

Die Roststäbe, Ofenthüren und Register bilden die sogenannte Garnitur des Ofens.

§. 1. Roststäbe.

Die Roststäbe bilden eine Reihe von schmiede- oder gußeisernen Stäben, welche parallel neben neben einander und hinreichend von einander entfernt liegen, um die ganze zur Verbrennung erforderliche Luft leicht in den Herd dringen zu lassen, ohne daß zu große Stücke des Brennmaterials hindurchfallen.

Es folgt aus dieser Erklärung, daß nach der Beschaffenheit des zu benutzenden Brennmaterials mehrere Formen von Roststäben vorkommen.

Für Herde, auf welchen Steinkohlen verbrannt werden, gebraucht man gußeiserne Roststäbe, deren Form gewöhnlich die in den Fig. 1, 2 und 3., Taf. VIII. dargestellt ist; diese Stäbe ruhen auf ebenfalls gußeisernen Balken A und B.

Damit die Zwischenräume zum Durchströmen der Luft zwischen den Roststäben überall ganz regelmäßig sind, sind dieselben an den Enden mit prismatischen Verstärkungen versehen, welche gleich der Hälfte des zwischen zweien erforderlichen Zwischenraums ist. Sehr lange Roststäbe haben auch in der Mitte eine solche Verstärkung, wie in den Fig. 1 und 2.

Die Fig. 3. ist ein Durchschnitt von einem Roststabe in der Nähe der mittleren Verstärkung; die Neigung und die Verjüngung, welche man den Seitenflächen giebt, dienen nicht allein zur Erleichterung des Einformens, sondern sie haben auch den Zweck, indem sie die Luft besser theilen, das Hängenbleiben der Schlacken zwischen den Stäben, zu verhindern.

Die Breite der Zwischenräume zwischen den Stäben ist nicht willkürlich. Der Theorie nach muß sie möglichst bedeutend sein, um die Luft gehörig in das Brennmaterial einströmen zu lassen. Besteht dasselbe aus Stückkohlen, so können die Zwischenräume bedeutend sein; verbrennt man dagegen aber Staubkohlen, so kann man sie nahe an einander rücken.

Die am häufigsten angewendeten Breiten für die Roststäbe sind die folgenden:

Für die Stäbe . . . . . 3 Cent. (13 Lin. rhein.).

Für die Zwischenräume . . 1 Cent. (4½ Lin. rhein.).

Was nun die Längen anbetrifft, so sind sie sehr verschieden; es giebt Stäbe von 60, 80 und 100 Centimeter (24, 32 und 40 Zoll).

In Herden, auf denen Koaks verbrannt werden, hat der Rost weit bedeutendere Zwischenräume, als in Steinkohlenherden. Bei den Locomotiven betragen diese Zwischenräume z. B. zuweilen 5 Centimeter, während die Stäbe selbst nur 2 bis 2,5 Centimeter breit sind.

Es ist jedoch zweckmäßig, die Zwischenräume der Roste für Koaks nicht zu breit zu machen, indem sonst zu viel Brennmaterial, ehe es vollständig verbrannt ist, hindurch fällt; wir sind der Meinung, daß 3 Centimeter Zwischenräume, und 2,5 Centimeter breite Stäbe sehr zweckmäßig sind.

Diese letztern Roste bestehen zuweilen aus Schmiedeeisen, obgleich dies nicht erforderlich ist.

§. 2. Feuerthüren.

Die Feuerthüren bestehen aus drei Hauptheilen, nämlich: dem Rahmen, der Thür und der Herdplatte.

Der Rahmen ist eine große gußeiserne Platte, welche zum äußern Verschluß des Herdes und zum Halt für die Thür dient.

Die Thür hat entweder nur einen Flügel (Fig. 4 und 5.) oder zwei (Fig. 6, 7 und 8.).

Die Herdplatte A (Fig. 9.) hat den Zweck, den Raum zwischen der Thür und dem Rost zu verschließen. Dieser Raum hat den Zweck:

1) Das Brennmaterial von der Thür zu entfernen und auf diese Weise ihre Verbrennung zu verhindern.

2) Den Rost erst da anfangen zu lassen, wo die von der Verbrennung entwickelte Wärme benutzt wird. Nun ist aber da, wo der Herd beginnt, genau über der Platte, ein Ziegelgewölbe B vorhanden, welches das obere Mauerwerk trägt. Dies Gewölbe darf nicht erhitzt werden, indem es dadurch nur leiden würde; die Herdplatte ist demnach ein durchaus nothwendiges Stück.

Zuweilen bestehen der Thürrahmen und die Herdplatte aus einem Stück (Fig. 10, 11 und 12.); diese Einrichtung hat den Zweck, den Rahmen ohne Bolzen zu befestigen. Statt einer Herd-

platte hat man alsdann ein vollständiges Thürgewende, welches in die Vorderwand des Ofens eingelassen wird.

Die Thür mit einem Flügel sind 30 bis 35 Centimeter (12 — 14 Zoll) Breite, auf 25 Centimeter (10 Zoll) Höhe; die zweiflügligen sind dagegen 45 — 50 Centimeter (18 — 20 Zoll) breit und ebenfalls 25 Centimeter hoch.

Die Herdplatten haben die Breite des Gewölbes, d. h. 25 — 50 Centimeter, je nach den Dimensionen des Ofens.

§. 3. Register.

Die Register sind Apparate, welche dazu dienen, den Zug der Essen zu mäßigen; sie bestehen im Allgemeinen aus einer beweglichen Blechtafel, welche entweder in Falzen verschiebbar, oder um eine Achse drehbar ist, wie die Klappen der Stubenofenröhren.

Die Fig. 13 und 14. (Taf. VIII.), stellen ein Schieber-Register vor, wie es bei Dampfmaschinen sehr häufig angewendet wird.

Eine minder gebräuchliche Anwendung zeigt das Register, welches in Fig. 15 und 16. abgebildet worden ist.

In den beiden Fällen besteht der Apparat aus zwei Theilen, aus dem Schieber und dem Rahmen.

Da bei der erstern Einrichtung das Register durch ein Gegengewicht im Gleichgewicht erhalten wird, so läßt es sich mit der größten Leichtigkeit bewegen. Im zweiten Fall dagegen erleidet der Schieber eine bedeutende Reibung in seinem Rahmen, so daß sie nur bei kleinen Apparaten angewendet werden kann.

Die Fig. 17 und 18. stellen die Einrichtung eines Registers mit Schlüssel dar. Man kann nicht sagen, daß sie weniger gut als die vorhergehende wäre, allein sie ist schwieriger anzubringen und im guten Zustande zu erhalten, indem die Bewegung der Ziegelsteine in Folge des Schwindens oder Setzens die Drehbarkeit des Registers verhindern kann, ein Nachtheil, den man bei den Schieber-Registern nicht zu fürchten hat.

Bei den Flammenöfen wendet man das in Fig. 19. abgebildete Registersystem an. Dies rührt daher, weil bei der hohen Temperatur in diesen Oefen die Register in deren Innerem sehr rasch zerstört werden würden.

Sechstes Capitel.

Röhren.

Die Röhren sind Apparate, welche zur Leitung von Wasser, Gas und Dampf dienen. Sie lassen sich aus verschiedenen Arten

von harten Materialien anfertigen, wie aus Stein, aus Poteriesubstanz, Glas, Metall und Holz. Bei den Dampfmaschinen sind von diesen verschiedenen Substanzen die Metalle ausschließlich zu Röhren angewendet.

Diejenigen unter den Metallen, welche gewöhnlich zu diesen Stücken angewendet werden, sind die folgenden: Schmiedeeisen, Blei, Kupfer und Gußeisen.

Die Röhren aus Schmiedeeisen, aus Blei und aus Kupfer sind Gegenstände besonderer Fabrikation; wir reden hier nicht davon. Die gußeisernen Röhren dagegen, obgleich sie in gewissen Fällen ebenfalls Gegenstand einer speciellen Industrie sind, welches in Eisengießereien der Fall ist, gehören dennoch in den Bereich der Maschinenbauwerkstätten, und aus diesem Grunde beschäftigen wir uns ausschließlich mit denselben.

Die gußeisernen Röhren sind hohle Cylinder, von verschiedener Länge, deren Enden luftdicht mit einander verbunden sind, und welche auf diese Weise durch ihre Vereinigung eine mehr oder weniger lange Leitung bilden, je nachdem es die Bedürfnisse erfordern.

Nach der Art und Weise ihrer Verbindung, unterscheidet man zwei Arten von Röhren:

1) Solche mit Rändern ohne Kränze; 2) Röhren mit Büchsen oder Muffen.

Die Röhren mit Kränzen (Taf. IX., Fig. 7, 8 und 9.) haben an beiden Enden zwei ringförmige Ränder oder Kränze, welche mit ihnen aus einem Stück gegossen sind, und werden an einander gelegt, und alsdann durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Die Fig. 9. giebt nach einem größern Maßstabe, als die vorhergehenden, einen Durchschnitt des Randes, der verhältnißmäßige Dimensionen hat, indem die Eisenstärke der Röhre gleich 1 angenommen worden ist.

Die Figur zeigt an ihrem Scheibenrande eine ringförmige Verstärkung, welche auf der Drehbank genau abgedreht wird, so daß die Fuge durch ein bloßes Aneinandertreten zweier Scheibenränder dicht wird. Diese Einrichtung ist jedoch wegen der größern Kosten, welche sie veranlaßt, nicht allgemein angenommen; wir wollen jedoch bemerken, daß sie in gewissen Fällen von allen übrigen Verbindungs-Methoden vorgezogen werden muß, und daß alsdann die höheren Kosten der Zusammenfügung, bei einer großen Anzahl von Röhren, von dem Maschinenbauer, dennoch möglichst

gering gestellt werden können und der Unterschied gegen die andere Verbindungsart nur unzubedeutend ist.

Gewöhnlich verbindet man die unabgedrehten Röhren mit Rändern dadurch, daß man zwischen die Randscheiben einen Kranz von Blei, der mit rothem Kitt, oder zuweilen mit Hanf versehen ist, legt, während diese elastischen Substanzen mit den Schraubenbolzen an einander gezogen, so dringen sie in die Poren des Gußeisens und geben einen sehr dichten Verschluß.

Die Röhren sind an gewissen Punkten mit kreisrunden Stäben versehen, deren Zweck es ist, sie fester zu machen, und ihnen einen gewissen Widerstand gegen die Einflüsse des Schwindens nach dem Guß zu gewähren.

Die Röhren mit Kränzen sind ohne Zweifel die einfachsten und die besten von allen Röhren; allein man kann sie nicht ausschließlich anwenden, indem sie eine Röhrenleitung nicht gestatten, ohne sich zu verlängern, irgend einem Einfluß der Ausdehnung unterworfen zu werden, so daß alsdann stets ein oder mehrere Röhren zerbrechen.

Um den Einfluß der Ausdehnung der Röhren durch Temperaturveränderungen zu vermeiden, wendet man bei solchen Leitungen, bei denen dieser Einfluß hauptsächlich hervortritt, **Röhren mit Büchsen**, oder **Muffen** an.

Die Rühren mit Büchsen (Fig. 10, 11, 12, 13 und 14.) werden in einander gesteckt, indem das Ende **A** Fig. 10. in das andere Ende **B** (Fig. 12.) eintritt. Ein Spielraum von einigen Millimetern zwischen dem Ende der einen Röhre und dem Boden von der Büchse der andern, gestattet einer jeden Röhre eine Verlängerung oder Verkürzung, ohne daß die benachbarte Röhre im Geringsten aus ihrer Lage käme.

Die Art und Weise der Zusammenfügung dieser Arten von Röhren ist verschieden. Die der Fig. 10, 11, 12 und 13, welche wir vorschlagen, besteht in dem Ausbohren und in dem Abdrehen der beiden zu vereinigenden Theile; die Verdichtung zwischen den beiden Oberflächen der Fugen wird in diesem Fall durch eine Liderung von getheertem Hanf bewirkt, die vorher in eine ringförmige Vertiefung des engern Endes eingelegt wird. Diese Verbindung ist zwar theuer, allein sie macht die Zusammenfügung und das Auseinandernehmen einer Röhrenleitung sehr leicht. Die in der Fig. 14. dargestellte und allgemeiner angewendete Verbindung, besteht in einer Hanfverdichtung, welche man in dem Zwischenraum zwischen der Büchse und der Röhre hineinzwängt. Das enge

Röhrenende ist mit einer Verstärkung versehen, welche die Verdichtung aufhält. Ueber die Hanfliederung wird entweder Blei oder Gußeisenkitt angebracht.

Zuweilen wird die Verdichtung der Enden lediglich mit Gußeisenkitt bewirkt, allein alsdann kann man die Röhren gar nicht wieder aus einander nehmen, indem der Gußeisenkitt sehr fest wird, und sich ganz und gar mit den Röhren verbindet; dies ist um so nachtheiliger, da alsdann jede Ausdehnung und jede Zusammenziehung verhindert werden.

Die Röhren mit Büchsen werden entweder ausschließlich, oder nur an einigen Punkten der gewöhnlichen Röhrenleitungen mit Kranzverbindungen angewendet, um die nachtheiligen Einflüsse der Ausdehnung zu vermeiden. Im erstern Fall müssen an manchen Punkten Röhren mit Kränzen angebracht werden, um die Röhren auswechseln zu können, indem dies aus leicht begreiflichen Gründen bei den Röhren mit Büchsen nicht stattfinden kann. In dem zweiten Fall bringt man etwa alle 20 Meter eine Röhre mit Büchsenverbindung an.

Wenn man mehrere benachbarte Kessel durch gußeiserne Röhren mit einander verbindet, so reicht eine gewöhnliche Büchsenverbindung zur vollständigen Aufhebung der Einwirkungen der Ausdehnung nicht hin, und es werden die Röhrenverbindungen leicht undicht, oder es fällt auch wohl die Garnitur gänzlich heraus. Röhren mit abgedrehten und ausgebohrten Enden würden in diesem Fall vielleicht eine sehr gute Verdichtung bewirken, allein sie müßten alsdann sehr genau in einander gearbeitet sein, welches bedeutende Kosten verursachen würde. Man zieht alsdann die Anwendung allen Stopfbüchsen-Verbindungen vor, welche in den Fig. 15 und 16. abgebildet worden ist. Das Röhrenende ist abgedreht, die Büchse mit zwei Durchmessern ausgebohrt und mit einem Hut mit 3 oder 4 Bolzen versehen, welcher abgedreht und ausgebohrt worden ist, und eine Hanfliderung festhält, ganz so, wie es bei den gewöhnlichen Stopfbüchsen der Fall ist. Eine Verbindung dieser Art ist sehr vollkommen.

Röhren der beschriebenen Art sind stets dann zweckmäßig, wenn die Leitungen gerade sind; nehmen sie aber verschiedene Richtungen an, so reichen diese Stücke nicht mehr aus. Man wendet alsdann K n i e e an, die entweder mit Kränzen oder mit Büchsen, oder auch mit beiden versehen sind, so wie es der Fall gerade erfordert. Diese Kniee sind durch nichts von der Construction der geraden Röhren verschieden, nur ist ihre Achse ein mehr oder weni-

ger großer Kreisbogen. Man unterscheidet gerade und schiefe Kniee; die erstern haben eine Viertelperipherie zur Achse, die zweiten einen größern oder kleinern, gewöhnlich aber einen kleinern Theil des Kreisbogens.

Endlich ist es häufig der Fall, daß sich beim Zusammenstellen einer Röhrenleitung zwei Röhren treffen, welche entweder über einander hinausgehen, oder von einander zu entfernt bleiben, als daß sie mit einander verbunden werden könnten. Man wendet alsdann sogenannte Verbindungsstücke an, welche in einem möglichst kurzen Röhrenstück bestehen, welches entweder in eine Büchse, oder in Ränder ausläuft, je nachdem die eine oder die andere Verbindungsweise bei der Röhrenleitung angewendet worden ist.

Stärke der Röhren.

Man kann die Stärke der Röhren mittelst zweierlei Formeln berechnen, nämlich je nachdem sie zur Leitung von Wasser oder von Dampf angewendet werden. Für Wasserleitungsröhren ist diese Formel die folgende:

$$e = 0{,}02\ D + 0{,}01$$

wobei e die Stärke und D der innere Durchmesser in Metern oder zehntheiligen Brüchen des Meters ist.

Diese Stärke ist für einen Widerstand von 10 Atmosphären berechnet.

Für Dampfleitungsröhren ist die anzuwendende Formel die nachstehende, welche durch eine Verordnung der französischen Regierung vom 22. Mai 1843 für gußeiserne Röhren, als die zweckmäßigste bestimmt worden ist:

$$e' = 5 \times 0{,}001\ (1{,}8\ D\ (n - 1) + 3)$$

wobei e′ und D in Metern ausgedrückt worden sind, und n den innern Druck bezeichnet.

Vergleichen wir diese Formel mit der vorhergehenden, indem wir bemerken, daß 10 Atmosphären in der Kälte, beim Gußeisen 3 Atmosphären in der Wärme entsprechen, so erhalten wir:

$$\frac{e}{e'} = \frac{0{,}02\ D + 0{,}01}{0{,}018\ D + 0{,}015}$$

fast gleiche Resultate, woraus man folgern kann, nicht daß die erste Formel für Dampfleitungsröhren angewendet werden kann, indem sie nur für einen einzigen Fall genügt, sondern daß die zweite Formel zweckmäßig ist, und für alle Fälle bei den Dampfröhren angewendet werden kann.

Zerlegung der Röhren in Reihen.

Die Röhren gehören zu der Zahl derjenigen Stücke, für die es von der höchsten Wichtigkeit ist, bestimmte Dimensionen zu haben, sowohl wegen der Menge der verschiedenen Modelle, welche ein und derselbe Röhrendurchmesser erfordert, als auch wegen des häufigen Gebrauchs, welchen man davon macht.

Es giebt bei einer Röhre zwei Hauptdimensionen, nämlich: die Länge, der Durchmesser.

Die Längen sind bei einem Durchmesser wenig verschieden, ja es ist dies selbst bei verschiedenen Durchmessern der Fall; sie sind im Allgemeinen die folgenden:

1,30 M., 2,00 M., 2,60 M., 3,25 M.
4 Fuß, 6 Fuß, 8 Fuß, 10 Fuß.

Nicht alle Durchmesser erfordern sämmtliche 4 Längen; die kleinen gehen bis zwei Meter, die weitern dagegen sind viel kürzer, und es giebt selbst solche, welche nie diese Länge erfordern.

Die Verschiedenheit der Durchmesser der gußeisernen Röhren ist in Zollen ausgedrückt sehr zweckmäßig die nachstehende, nämlich:

1 Zoll, 2 Z., 3 Z. ꝛc. 12 Z., 13 Z., 14 Z., 15 Z.; selten sind sie weiter.

Man kann sehr zweckmäßig die nachstehende Tabelle aufstellen:

Tabelle über die Hauptdimensionen einer Röhrenreihe.

Durchmesser in Millimetern.	Länge in Metern.	Durchmesser in Millimetern.	Länge in Metern.
25	1,30 und 2,00	350	2,00 und 2,60
50	1,30 und 2,00	400	2,60 und 3,25
75	1,30 und 2,00	450	2,60 und 3,25
100	1,30 und 2,00	500	2,60 und 3,25
130	1,30 und 2,00	600	2,60 und 3,25
160	1,30 und 2,00	700	3,25 und 4,00
190	2,00 und 2,60	800	3,25 und 4,00
220	2,00 und 2,60	900	3,25 und 4,00
260	2,00 und 2,60	1000	3,25 und 4,00
300	2,00 und 2,60		

Siebentes Capitel.

Verschlüsse oder Obturatoren.

Die Obturatoren sind Apparate, welche dazu dienen, die Verbindung zwischen zwei oder mehrern benachbarten Theilen einer Leitung herzustellen oder zu unterbrechen. Sie sind dreierlei Art nämlich: — Hähne — Ventile — Klappen, und sie bestehen stets aus zwei verschiedenen Theilen, von denen der eine fest, und der andere beweweglich ist. Diese Apparate unterscheiden sich nicht allein durch ihre Form, sondern auch durch die Art und Weise, wie sie sich bewegen, von einander; man kann sie auf folgende Weise definiren:

Die Hähne sind conisch, und ihr beweglicher Theil macht eine kreisförmige Bewegung um eine Achse, und es ist dieselbe entweder continuirlich, oder wiederkehrend, je nachdem man es will.

Die Ventile sind rund, und ihr beweglicher Theil hat eine wiederkehrende geradlinige Bewegung, je nach der Richtung der Achse.

Die Klappen sind platt und haben eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung um eine Achse, welche sich tangentiell zu der umschriebenen Curve des Perimeters verhält.

§. 1. Hähne.

Die Hähne (Taf. IX., Fig. 17 und 18.) bestehen aus zwei Cylindern, welche etwas conisch und von gleichem Durchmesser sind, und von denen der eine concav und der andere convex ist. Diese Cylinder, von denen der eine in dem andern steckt, sind beide mit einer Oeffnung versehen, deren Weite weniger beträgt, als $\frac{1}{4}$ der in Bewegung stehenden Peripherie.

Der äußere Cylinder, welcher stets der feste Theil ist, heißt das Gehäuse.

Der innere Cylinder, welcher der bewegliche Theil ist, heißt der Schlüssel.

Das Gehäuse steht mit den Leitungen mittelst kurzer Röhren und Rändern in Verbindung.

Der Schlüssel wird durch einen Griff bewegt, der entweder mit dem übrigen Theil aus einem Stück gegossen ist, oder für sich allein besteht, und mittelst eines quadratischen Kopfes eingreift.

Von den drei Arten von Obturatoren sind die Hähne die

einzigen, um mehr als zwei Theile einer Leitung mit einander zu verbinden.

Zweiweghahn nennt man einen solchen, der zwei Röhrenstücke hat; Dreiweghahn einen mit drei Stücken u. s. f. Die Fig. 19, 20, 21, 22. stellen zwei verschiedene Einrichtungen eines Dreiweghahns vor. Bei der erstern (Fig. 19 und 20.) können niemals mehr als zwei Theile der Leitung auf einmal mit einander verbunden werden, wogegen bei der zweiten Art (Fig. 21 und 22.) die drei Theile gleichzeitig mit einander in Verbindung sein können.

Die hier beschriebenen drei Arten von Hähnen sind diejenigen, welche man am Allgemeinsten zu Wasserleitungen von geringem Durchmesser anwendet; bei starken Durchmessern wendet man statt des Hahns mit massivem Schlüssel und mit Griff, einen Hahn mit hohlen Schlüsseln und mit Räderwerk an, wie man ihn in den Fig. 25 und 26. vorgestellt findet. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil einer Materialersparung und einer sehr leichten Bewegung des Schlüssels, dessen Achse übrigens in zwei Schrauben ausläuft, deren Zweck es ist, ein Festhängen des Schlüssels in dem Gehäuse zu verhindern, wenn beide mit einander in zu nahe Berührung treten.

§. 2. Ventile.

Der Verschluß mittelst der Ventile, besteht in der Berührung zweier ringförmiger Flächen, die entweder eben (Taf. IX., Fig. 1 bis) oder conisch (Fig. 1 ter), von denen die eine concav, und die andere convex ist.

In den beiden Fällen endigen die in Berührung stehenden Oberflächen im Innern durch eine ebene Fläche A, die andere durch einen Cylinder B, die senkrecht auf einander stehen, und zwar von der innern Peripherie C abgeleitet werden.

Entweder ist es der ebene Theil der Ventile, welcher beweglich ist, oder es ist die feste; in beiden Fällen heißt der feste Theil der Ventilsitz, und der bewegliche Theil das Ventil.

Die Ventile mit plattem Ventil oder Scheibe unterscheiden sich von den cylindrischen oder Kolbenventilen dadurch, daß sie wegen der Verschiedenheit des Drucks, welcher zwischen den Mitteln, die sie trennen sollen, stattfindet, ihrer Hebung einen Widerstand entgegensetzen.

Die ringförmigen ebenen Oberflächen werden nur bei Scheibenventilen angewendet, die ringförmigen conischen Oberflächen werden sowohl für Scheiben- als auch für cylindrische Ventile an-

gewendet. Bei den Scheibenventilen folgt der concave Theil stets auf den Ventilsitz, und der convexe nach dem Ventil. Bei cylindrischen Ventilen folgt der concave Theil stets nach dem einen oder dem andern, je nachdem man es für zweckmäßig findet.

Die Fig. 23 und 24. stellen ein sogenanntes Kegelventil dar, wie es sehr häufig zur Verbindung zweier Theile einer Leitung angewendet wird. Die Ventilscheibe hat einen kegelförmigen Rand und der Sitz ist ebenfalls kegelförmig, daher der Name. Bei Dampf werden diese Kegelventile sehr häufig angewendet, wogegen man bei Wasser dem Verschluß durch Hähne den Vorzug giebt.

In Fig. 22. wird das Ventil durch einen Hebel, oder durch die Hand gehoben, je nach der Differenz des Drucks in den verschiedenen Theilen der Leitung. In der Fig. 24. wird das Ventil durch eine Schraube mit Kurbel gehoben; diese Einrichtung ist hauptsächlich in dem Fall anwendbar, wenn die Differenz des Drucks bedeutend ist.

Der Ventilsitz ist mit einer Verlängerung oder einer Büchse versehen, welche stets mit demjenigen Theile der Leitung in Verbindung steht, in welcher der Druck am stärksten ist, so daß, wenn das Ventil geschlossen ist, dieser Druck es geschlossen hält, und es nicht öffnet.

Die cylindrischen Ventile haben keinen Druck auszuhalten, allein sie erfordern zwei schließende Oberflächen. Die Fig. 3, 4 und 5., Taf. XIII., stellen drei verschiedene Systeme der zweiten Art von Ventilen vor, nämlich:

Die Fig. 3., Ventil mit äußerer Garnitur.

Fig. 4., Ventil mit innerer Garnitur.

Fig. 5., Laternen-Ventil.

Bei der erstern Einrichtung bewegt sich das Ventil in einer Stopfbüchse, welche in der obern Verlängerung des Ventilsitzes angebracht worden, und die mit einem Bogen und Schrauben versehen ist, welche man in der Figur nicht abgebildet hat, die aber gehörig von einander entfernt sind.

Bei der zweiten Einrichtung ist über dem Ventilsitz ein hohler Cylinder angebracht, welchem entlang sich mit dem eigentlichen Ventil eine Stopfbüchse bewegt, die in diesem letztern angebracht worden ist.

In der dritten Art von Ventilen, ist der obere Verschluß derselbe, als der untere, nur ist die ringförmige Contactsoberfläche kleiner, und hat zur äußern Peripherie die innern Peripherie der andern.

§. 3. Klappenventile.

Die Klappenventile (Taf. IX., Fig. 31 und 32.) sind nichts anders, als Ventile, deren Achse aus ihrer Lage gebracht worden ist. Da ihrer Einrichtung zufolge ihr Umriß irgend ein beliebiger sein kann, so giebt man ihnen stets dann den Vorzug, wenn es vortheilhaft ist, dem Verschluß keine kreisförmige Oberfläche zu geben. Sie kommen auch bei weitem weniger in Unordnung, erfordern aber einen weit größern Kasten, welches sich bei einem gegebenen Raume nicht immer gleich gut machen läßt.

Die Figuren verdeutlichen die Art und Weise der Klappenventile, welche zum Verschluß in Wasserleitungen angewendet, in Bewegung gesetzt werden. Bei Dampf wendet man diese Ventile selten an, dagegen bei Gebläsen fast immer, jedoch bestehen sie alsdann aus Blech und Leder, wie wir weiter unten sehen werden.

Die Fig. 27, 28, 29 und 30. stellen ein System von Schiebersystemen dar, so wie es sehr häufig bei Wasserleitungen und selbst auch bei Gas angewendet wird.

Achtes Capitel.

Sicherheitsapparate.

Es giebt eine sehr bedeutende Anzahl von Apparaten, deren Zweck es ist, die Aufmerksamkeit der Heizer auf ihre Kessel zu richten, wenn sich dieselbe in einem nicht genauen normalen Zustande befinden, d. h. wenn sie Veranlassung zu einer Explosion geben können. Hier alle diese Apparate beschreiben zu wollen, hieße die uns gesteckten Grenzen zu sehr überschreiten, und uns zu sehr dem Historischen zuwenden.

Eine gewisse Anzahl von Sicherheitsapparaten ist in den neuern Regierungsverordnungen über Dampfmaschinen vorgeschrieben worden, und diese sind es daher allein, welche in den Maschinenbauwerkstätten berücksichtigt werden, und auch wir brauchen daher nur sie.

Die nach der neuesten französischen königl. Ordonnanz vom 22. Mai 1843 vorgeschriebenen Sicherheitsapparate sind ihrer Zahl nach 5 und die folgenden:

2 Sicherheitsventile; — ein offenes Manometer; — ein Wasserstands-Indicator; — ein Lärmschwimmer.

§. 1. Sicherheitsventile.

Die Sicherheitsventile sind Apparate, durch welche Dampf aus den Kesseln entweichen kann, wenn derselbe eine Spannung

erlangt, welche höher ist, als die vorgeschriebene. Zu dem Ende sind sie weiter nichts, als gewöhnliche Ventile mit kegelförmigem Sitz, der unmittelbar an den Kesseln angebracht worden ist. Sobald der untere Druck ein Gewicht, womit sie belastet sind, übersteigt, hebt sich das Ventil.

Da der atmosphärische Druck auf ein Quadratcentimeter Oberfläche 1,033 Kil. beträgt, so hat man, wenn **n** die Anzahl der Atmosphären bezeichnet, welche den innern Dampfdruck ausdrücken, zum Ausdruck dieses Druckes auf ein Quadratcentimeter Oberfläche:

$$1{,}033 \text{ Kil. } (n - 1)$$

Die Oberfläche des Ventils, welche zum Durchmesser **D** hat, ist: $0{,}785\ D^2$.

Der innere Druck, welcher dieses Ventil zu heben sucht, ist folglich: $1{,}033$ Kil. $(n - 1) \times 0{,}785\ D^2$, oder $0{,}811\ D^2\ (n - 1)$ Kilogr. **D** ist in Centimetern ausgedrückt.

Dieser Ausdruck ist demnach der des Gewichts, womit das Ventil belastet werden muß, wenn es sich nicht unter einem Druck heben soll, der **n** Atmosphären nicht übersteigt.

Die Durchmesser der Sicherheitsventile sind durch die königl. französische Verordnung nach der Heizoberfläche der Kessel und nach dem Druck bestimmt, für welchen sie eingerichtet worden sind. Die Gewichte, mit denen man sie belasten muß, sind alsdann sehr bedeutend; man hat demnach zwei Arten, die Ventile zu belasten, nämlich die directe und die Belastung durch Hebel.

Die erstere Belastung, welche nur dann angewendet wird, wenn der innere Druck zwei Atmosphären nicht übersteigen darf, besteht darin, daß auf dem Kopf des Ventils ein hinreichendes Gewicht von cylindrischer Form angebracht ist, welcher 4, einander gegenüber stehende Ohren hat, durch welche 4 eiserne Stangen gehen, die dem Gewicht als Leitung dienen, wenn die Ventile sich heben.

Die zweite Art der Belastung besteht in einem mehr oder weniger langen Hebel, mit seinem festen Punkte an dem einen Ende und sehr in der Nähe von dem Mittelpunkt des Ventils. An seinem andern Ende ist dieser Hebel mit einem Gewicht belastet, welches zu der directen Belastung im umgekehrten Verhältniß der Arme steht.

Wenn **m** der Hebelarm des Gewichts im Verhältniß zu dem Hebelarme des Ventilkopfes bezeichnet, so hat man zum Ausdruck dieses Gewichts:

$$\frac{0{,}811\ D^2\ (n - 1)}{m}$$

Die Sicherheitsventile haben sehr kleine ringförmige ebene Sitze, und es sollen dieselben nicht breiter als $\frac{1}{30}$ von dem innern Durchmesser sein, wenn dieser letztere selbst mehr als 30 Millimeter beträgt; für Durchmesser unter 30 Millimeter kann die Breite 1 Millimeter betragen. Eine solche Einrichtung hat hauptsächlich den Zweck, die Hebung der Ventile mit der Angabe des Manometers zusammenfallen zu lassen, für welches ihre Gewichte bestimmt worden sind.

Um den Durchmesser der Sicherheitsventile zu bestimmen, nimmt man ein Maximum der Dampfproduction auf das Quadratmeter Heizoberfläche und in der Secunde an; man berechnet ihn alsdann nach dem Durchschnitt der erforderlichen Ausströmung alles dieses Dampfes, unter dem Druck, für welchen der Kessel bestimmt ist, und in derselben Zeit. Es folgt daraus, daß bei gleichen Dimensionen, die Dampfkessel um so kleinere Sicherheitsventile haben, je bedeutender der Druck ist, für den sie bestimmt sind.

Indem man auf die angegebene Weise verfuhr, hat man mehrere Formeln erlangt, unter denen auch die folgende ist, welche die königl. Ordonnanz angiebt:

$$D = 2{,}6 \sqrt{\frac{m}{n - 0{,}412}}$$

In dieser Formel bezeichnet D den Durchmesser der Oeffnung in Centimetern, m die Anzahl der Quadratmeter der Heizoberfläche, und n die Anzahl der Atmosphären, nach denen der Druck im Kessel bestimmt wird.

Auf die am häufigsten vorkommenden Fälle der Heizoberflächen und des Drucks angewendet, ist die folgende Tabelle entstanden.

Tabelle zur Regulirung der Durchmesser der Oeffnungen von den Sicherheitsventilen.

Heizoberflächen der Kessel.	Anzahl der Atmosphären, welche den Dampfdruck bezeichnen.									
	1½ Atmosphäre.	2 Atmosphäre.	2½ Atmosphäre.	3 Atmosphäre.	3½ Atmosphäre.	4 Atmosphäre.	4½ Atmosphäre.	5 Atmosphäre.	5½ Atmosphäre.	6 Atmosphäre.
Quadratmeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.	Centimeter.
1	3,493	2,063	1,799	1,616	1,479	1,372	1,286	1,214	1,152	1,100
2	2,525	2,918	2,544	2,286	2,092	1,941	1,818	1,716	1,630	1,555
3	4,317	3,573	3,116	2,799	2,563	2,377	2,227	2,102	1,996	1,905
4	4,985	4,126	3,598	3,232	2,959	2,745	2,572	2,427	2,305	2,200
5	5,574	4,613	4,023	3,614	3,308	3,069	2,875	2,714	2,578	2,459
6	6,106	5,054	4,407	3,958	3,624	3,362	3,149	2,973	2,823	2,694
7	6,595	5,458	4,760	4,276	3,914	3,631	3,402	3,211	3,045	2,910
8	7,0 0	5,835	5,089	4,571	4,185	3,882	3,637	3,433	3,260	3,111
9	7,478	6,189	5,398	4,848	4,438	4,117	3,857	3,641	3,458	3,299
10	7,882	6,524	5,690	5,110	4,679	4,340	4,066	3,838	3,645	3,478
11	8,267	6,843	5,967	5,360	4,907	4,552	4,265	4,025	3,823	3,648
12	8,635	7,147	6,233	5,598	5,125	4,754	4,454	4,204	3,993	3,810
13	8,987	7,439	6,487	5,827	5,334	4,949	4,636	4,376	4,156	3,965
14	9,325	7,720	6,732	6,047	5,536	5,138	4,811	4,541	4,312	4,124
15	9,654	7,990	6,968	6,259	5,730	5,316	4,980	4,701	4,464	4,259
16	9,970	8,253	7,197	6,464	5,918	5,490	5,143	4,854	4,610	4,399
17	10,277	8,506	7,418	6,663	6,100	5,659	5,302	5,004	4,752	4,534
18	10,575	8,753	7,633	6,841	6,277	5,823	5,455	5,149	4,890	4,666
19	10,865	8,993	7,842	7,044	6,449	5,982	5,605	5,290	5,024	4,794
20	11,147	9,227	8,046	7,227	6,616	6,138	5,750	5,428	5,154	4,9 8
21	11,423	9,454	8,245	7,389	6,780	6,289	5,892	5,561	5,282	5,040

22	11,691	9,677	8,439	7,580	6,939	6,437	6,031	5,692	5,406	5,158
23	11,954	9,894	8,629	7,750	7,095	6,582	6,167	5,820	5,527	5,274
24	12,211	10,107	8,814	7,917	7,248	6,723	6,299	5,845	5,646	5,388
25	12,463	10,316	8,996	8,080	7,397	6,862	6,429	6,069	5,763	5,499
26	12,710	10,520	9,174	8,240	7,544	6,998	6,556	6,188	5,877	5,608
27	12,952	10,720	9,349	8,397	7,776	7,132	6,681	6,306	5,989	5,715
28	13,190	10,917	9,520	8,551	7,828	7,262	6,804	6,422	6,099	5,819
29	13,423	11,110	9,689	8,703	7,967	7,391	6,924	6,535	6,207	5,922
30	13,653	11,300	9,855	8,851	8,103	7,517	7,043	6,648	6,313	6,024

Bei den frühern Verordnungen wurde das Gewicht zur Belastung der Ventile untersucht, jedoch nicht gestempelt. Es folgte daraus, daß nach der Untersuchung die Eigenthümer für dieses bestimmte Gewicht irgend ein beliebiges Gewicht substituirten, und es war unmöglich, den Betrug bei den jährlichen Inspectionen zu erkennen, weil man zur Bestimmung des Gewichts, welches ein Ventil belasten soll, seinen Durchmesser ꝛc. messen muß, welches aber nicht geschehen kann, wenn der Kessel im Betriebe ist.

Nach der neuen Verordnung müssen alle Gewichte der Hebel zur Belastung der Sicherheitsventile von den Regierungsbeamten untersucht und gestempelt werden; es folgt daraus ein bedeutender Nachtheil, der zwar momentan sein kann, auf den wir jedoch die Maschinenbauer und Dampfkesselfabrikanten auf das Ernstlichste aufmerksam machen, nämlich:

Fast alle Ventile, deren Gewichte und deren Ventilsitzoberflächen regulirt worden sind, heben sich unter einem Druck, der etwa eine halbe Atmosphäre unter dem steht, für welchen sie belastet worden sind.

Es folgt daraus, daß die Besitzer der Dampfmaschinen, um ihren Zweck zu erreichen, die Ventile oft sehr bedeutend belasten, wodurch eher Explosionen veranlaßt werden können, als früher.

Diese fast allgemeine Hebung der Ventile bei einem geringern Druck, rührt ohne Zweifel von der Mangelhaftigkeit der Apparate her. Für theoretische Belastungen bedarf man mathematisch genau gearbeiteter Ventile; dies ist aber ganz und gar nicht der Fall bei den gewöhnlich aus den Maschinenbau-Werkstätten hervorgehenden Kesseln. Da bei denselben die Belastung nie gleichmäßig auf die Stützpunkte vertheilt ist, so hebt sich das Ventil stets auf der einen Seite eher als auf der andern.

Diese gleiche Vertheilung der Belastung auf den Unterstützungspunkten ist keine so leichte Sache, als man anzunehmen geneigt ist, und es giebt, unseres Erachtens, nur ein einziges Mittel dahin zu gelangen, welches nur von wenigen Maschinenbauern angewendet wird. Dieses Mittel besteht in einem kleinen eisernen Stäbchen (Fig. 1., Taf. IX.), welches in zwei Spitzen endigt, von denen eine in einem hohlen Kegel im Innern des Ventils, und das andere in einer kleinen Vertiefung in dem Hebel befindlich ist. Je tiefer das Stäbchen in dem Ventil steckt, um so wahrscheinlicher ist ein gleichartiger Verschluß desselben.

Jedoch genügt die Anwendung des eisernen Stäbchens zwi-

schen den Ventilen und dem Hebel nicht; man muß dahin sehen, daß der Hebel auf solche Weise wirkt, daß das Stäbchen senkrecht steht, denn wenn es eine Neigung hat, so zerfällt die Belastung auf das Ventil in zwei Theile, von denen der eine horizontal und ohne Wirkung, und der andere senkrecht, aber geringer, als der zur genauen Hebung erforderliche ist.

Bei einer sorgfältigen Anfertigung und Berücksichtigung aller dieser Erfordernisse, genügen die auf diese Weise eingerichteten Sicherheitsventile, allen an dieselben zu stellenden Anforderungen; auch sind sie die einzigen, welche ohne Ueberlastung mit den Manometern in Uebereinstimmug stehen. Unglücklicherweise sind sie etwas kostbar, so daß sich nur wenig Gewerbtreibende für ihre Anschaffung entscheiden, welches jedenfalls sehr zu bedauern ist; wir können die Maschinenbauer und Kesselfabrikanten nicht genug darauf aufmerksam machen, die größte Sorgfalt auf die Anfertigung der Sicherheitsventile zu verwenden.

§. 2. Manometer.

Die Manometer sind Apparate, welche zur Messung des innern Dampfdrucks in den Kesseln dienen. Man unterscheidet zweierlei Arten, nämlich geschlossene und offene Manometer.

Die erstern, welche früher ausschließlich zu den Hochdruck-Dampfkesseln angewendet wurden, sind wegen der wenigen Sorgfalt, mit welcher sie angefertigt waren, als auch deßwegen, weil sie leicht in Unordnung gerathen, und falsche Angaben machen, gänzlich aufgegeben; wir reden daher nicht weiter von ihnen.

Die zweiten, welche ehemals ausschließlich für Niederdruck-Kessel angewendet wurden, werden es jetzt für alle Kessel, mag auch der innere Druck sein, welche er wolle.

Sie bestehen gewöhnlich aus einer langen Glasröhre (Taf. VIII., Fig. 20, 21 und 22.), die an beiden Enden offen ist, und in einem Gefäß untertaucht, welches durch eine Stopfbüchse geschlossen und mit Quecksilber angefüllt ist. Da der obere Theil dieses Gefäßes mit dem Kessel in Verbindung steht, so erhebt sich das Quecksilber in der Röhre um so viel Mal 0,76 Meter über dem Niveau in dem Gefäß, als es Atmosphären Druck in dem Kessel giebt.

Diese Manometer, deren Angaben vollkommen genau sind, zeigen bei ihrem Gebrauch einige Nachtheile, wodurch einige bemerkenswerthe Verbesserungen entstanden sind. Unglücklicherweise lassen diese Verbesserungen da etwas zu wünschen übrig, wo

die erstern nie mangelhaft sind, woraus folgt, daß sie, alles berücksichtigt, noch die zweckmäßigsten sind.

Die Mängel der offenen Manometer mit Krystallsäule sind die folgenden:

1) Es läßt sich nur schwierig davon ablesen, wenn die Maschinenbauer aus Ersparniß eine Röhre von sehr engem Durchmesser nehmen, und wenn sie nicht überall vollkommen durchsichtig sind. Außerdem ist das Quecksilber zuweilen mit Zinn amalgamirt, so daß es an dem Glase hängen bleibt, oder aber es führt Schmutz mit sich, der durch die Berührung des Wassers mit der äußern Röhre, welche es dem Gefäß zuführt, entstanden ist, und im Innern der Röhre einen Schmutz absetzt, so daß man den Quecksilberstand nicht immer deutlich sehen kann.

2) Die Glasröhren sind außerordentlich zerbrechlich.

3) Sie erfordern, besonders bei einem hohen Druck eine bedeutende Erhöhung der Decke von dem Kesselraum über dem Fußboden, und sehr häufig sind diese Räume nur niedrig.

Zur Vermeidung dieser verschiedenen Mängel, hat man die folgenden Abänderungen vorgeschlagen.

Schwimmer-Manometer. Dieses Manometer (Fig. 22.) besteht aus einer gänzlich eisernen Röhre, welche so gekrümmt ist, daß sie zwei senkrechte und parallele Schenkel bildet. Das eine Ende correspondirt mit dem Kessel, wogegen das andere offen ist. Auch ist die Röhre bis zu einer hinreichenden Höhe AB mit Quecksilber angefüllt.

Wenn der Dampf auf denjenigen Theil der Säule wirkt, mit welchem er in Verbindung steht, so sinkt das Niveau auf der einen Seite, während es sich auf der andern hebt; es bildet sich auf diese Weise eine Höhendifferenz zwischen den Säulen, welche gleich dem wirklichen Druck ist. Da die Röhre aus Eisen besteht, so wird die Höhe des Quecksilberstandes in dem offenen Schenkel durch das Gegengewicht eines Schwimmers angegeben, der in der Röhre an dem Ende eines Drahtes aufgehängt ist, welcher über eine Rolle läuft. Diese Rolle muß außerordentlich beweglich sein, damit der Schwimmer den Schwankungen des Quecksilbers genau folgen kann.

Dieses Manometer hat zwei Vortheile, nämlich daß die Scala der Angaben auf die Hälfte reducirt, und daß die Röhre dem Zerbrechen nicht unterworfen ist. Dennoch ist es durchaus nicht zweckmäßig, indem der Schwimmer häufig hängen bleibt, oder der Draht zerreißt, oder in Unordnung geräth; geht nun et=

was Quecksilber verloren, so sind die Angaben falsch; kurz, es giebt der Mängel dieses Manometers gar viele.

2) Das Manometer von Desbordes. Dieses Manometer (Fig. 26.) besteht wie das vorhergehende aus einer eisernen Röhre, welche unten in zwei Schenkeln umgebogen ist; es unterscheidet sich dadurch, daß, statt beide Schenkel einen gleichen Durchmesser haben, der mit der Luft in Verbindung stehende einen drei Mal größern Durchmesser hat, von der Linie des Niveaus ausgehend, der einen gleichen Druck in beiden Schenkeln ausübt.

Es folgt daraus, daß, wenn der Dampfdruck wirkt, das Steigen des Quecksilbers in der stärkern Röhre bei seinem Niedergang in den kleinen, im umgekehrten Verhältniß ihrer Durchschnitte steht. Wenn z. B. die Durchschnitte unter einander wie 1 : 9 stehen, so beträgt die Höhe, um welche das Quecksilber in der weiten Röhre steigt, $\frac{1}{9}$ von der, um welche es in der kleinen fällt; ferner, wenn H die Niveaudifferenz ist, h und h′ das Fallen und das Steigen im Verhältniß zu dem Nullpunkt der Scala, so hat man:

$$h + h' = H$$

Man hat es schon $h = 9\,h'$

Man deducirt aus diesen beiden Gleichungen

$$h' = 0{,}1\,H$$
$$h = 0{,}9\,H$$

d. h. für die Durchmesser in dem Verhältniß von 1 bis 3 entspricht jede Atmosphäre des Drucks einer Höhe von 76 Millimetern in der weiten Röhre oder dem Zehntel von der gewöhnlichen Scala.

Die große Röhre des Herrn Desbordes besteht aus Glas, wodurch die Anwendung des Schwimmers vermieden wird; sie hat freilich auch den Nachtheil, daß sie wegen zu großer Nähe der eisernen Röhre, von der das Quecksilber fortwährend Rost ablös't, beschmutzt wird, allein man kann die Röhre leicht reinigen.

Dieses Manometer hat gegen das vorhergehende den Vortheil, daß man den Stand des Quecksilbers sehen kann, allein er macht wie dieser falsche Angaben, sobald die geringste Quantität Quecksilber verloren geht.

Außerdem muß es wegen der zwei Durchmesser nach einem Maß graduirt werden; nun ist aber unsers Erachtens nach ein auf diese Weise graduirtes Manometer nicht besser, als ein geschlossenes, und aus diesem Grunde allein wird es häufig nicht angewendet. Die von dem Erfinder selbst verfertigten Manometer sind

freilich richtig graduirt, allein dies kann sich nicht von den nachgemachten behaupten lassen, wogegen das gewöhnlich offene Manometer mit Glasröhre, selbst bei der geringsten Sorgfalt, stets richtige Angaben macht.

3) Das Manometer von Decoudun. Dieses Manometer (Taf XI., Fig. 1 und 2.), welches auf den ersten Anblick auf ein von dem vorhergehenden entgegengesetztes Princip basirt zu sein scheint, ist eigentlich nichts anderes, als das gewöhnliche Manometer, dessen Angaben durch den Stand des Quecksilbers in dem Gefäß gemacht werden, statt daß es sonst durch das Quecksilber in der Röhre geschieht.

Es besteht aus einer eisernen Röhre, welche in einem ebenfalls eisernen Gefäße steht, das seinerseits mit einer gläsernen Indicatorröhre des Niveaus versehen ist.

Der ringförmige Durchschnitt des Gefäßes, vermehrt um das der Indicatorröhre, beträgt das Neunfache von dem der innern Röhre. Es finden dieselben Resultate wie bei dem Manometer von Desbordes statt; jede Atmosphäre des Drucks in dem Kessels entspricht einem Sinken des Niveaus von 76 Millimetern.

Die Einrichtung des Manometers ist sehr sinnreich; es gewährt hauptsächlich den großen Vortheil, überall angewendet werden zu können, sei die Dimension des Locals auch welche sie wolle; denn wenn die Decke zu niedrig ist, so reicht ein eingebohrtes Loch hin, um die Röhre hindurch zu stecken, ohne daß man weiter um deren Unterstützung besorgt zu sein braucht. Was aber die Genauigkeit der Angaben von den Pressungen anbetrifft, so ist sie nicht viel besser, als die der beiden vorhergehenden Manometer, indem sie nach einem Aichmaß graduirt werden muß.

Das Manometer von Richard. Herr Richard zu Lyon hat auf die sinnreichste Weise das in allen Lehrbüchern der Physik beschriebene Differential=Manometer ausgeführt. Dieses Manometer (Fig. 3 und 4., Taf. XI.) besteht aus einer eisernen, nach der Spirale gewundenen Röhre, mit geraden Schenkeln, die gleich und in hinreichender Anzahl vorhanden sind, ohne daß irgend eine Unterbrechung der Continuität stattfindet. Am obern Theil eines jeden Knies und in der Mitte der Höhe von einem jeden der Schenkel, jedoch nur auf einer Seite, sind zwei Löcher eingebohrt, welche durch kleine Schrauben verschlossen werden können. Die obern Oeffnungen dienen zum Eingießen des Quecksilbers und des Wassers, und die Oeffnungen in der Mitte hindern das Quecksilber, ihr Niveau zu übersteigen.

Wenn die Schenkel sämmtlich bis zur Hälfte mit Quecksilber angefüllt worden sind, so verschließt man die mittlern Oeffnungen und man vollendet die Füllung mit Wasser, worauf man auch die obern Oeffnungen verschließt. Die Angaben dieses Manometers finden in einer Glasröhre statt, welche gleichen Durchmesser mit der äußern Röhre hat, und am entgegengesetzten Ende von dem Punkte liegt, an welchem der Dampf einströmt.

Von allen verbesserten Manometern erfordert das vorliegende die Theilung nach einem Aichmaße am nöthigsten, sowohl wegen der Länge seiner Röhre, dessen Durchmesser nicht überall regelmäßig sein kann, als auch wegen des Gewichts der Wassersäule, welche in entgegengesetzter Richtung des Quecksilbers drückt, und wenn man es berücksichtigt, einen Irrthum von $\frac{1}{135}$, von Atmosphäre zu Atmosphäre veranlaßt.

Uebrigens gewähren die Richard'schen Manometer alle Vortheile, welche die Praxis erfordert: sie sind nicht zerbrechlich; sie lassen sich leicht ablösen; sie nehmen wenig Platz ein. Man wendet sie daher auch häufig bei den Locomotiven an.

§. 3. Wasserstandszeiger.

Es giebt dreierlei Arten von Wasserstandszeigern, nämlich: die Schwimmer, die Wassergläser und die Hähne.

Wir sagen nur wenige Worte über diese wohlbekannten Apparate.

Die Schwimmer (Taf. XI., Fig. 5.) haben gewöhnlich Gegengewichte; sie bestehen aus einem Stein, der an einem Kupferdraht aufgehängt ist, der durch eine Stopfbüchse geht und der an dem einen Ende eines kleinen Balanciers befestigt, während das andere Ende mit einem Gegengewicht versehen ist. Damit der Apparat gut wirkt, ist es zweckmäßig, daß das Gleichgewicht zwischen dem Stein und dem Gegengewicht einer Wasserlinie entspreche, welche auf $\frac{3}{4}$ von der Höhe des Steins angebracht ist.

Die Wassergläser oder Wasserstandszeiger im engern Sinn (Fig. 6 und 7., Taf. XI.), werden bei cylindrischen Kesseln mit zwei Sieseröhren nur wenig angewendet, sondern sie sind hauptsächlich zweckmäßig bei solchen Kesseln, deren Vorderseite aus ebenen Flächen besteht, wie die Kessel der Locomotiven und der Dampfschiffe. Man wendet sie auch viel bei den kleinen cylindrisch-senkrechten Kesseln an, deren oberer Theil zu klein ist, um außer den andern Apparaten, auch noch mit einem Schwimmer versehen zu sein.

Der Hähne oder Probirhähne giebt es zweierlei Art,

nämlich: die Hähne für die Seitenflächen und die für den obern Theil der Kessel.

Die ersteren sind am häufigsten gewöhnliche Hähne von der in der Fig. 8 und 9. dargestellten Form.

In England wendet man dagegen häufig das in den Fig. 10 und 11. dargestellte kleine Ventil an. Bei Locomotiven gebraucht man häufig die Einrichtung der Hähne mit gläserner Indicatorröhre, welche in Fig. 12. dargestellt worden ist.

Die andern Hähne sind ebenfalls gewöhnliche Hähne, entweder mit einander verbunden, oder von einander getrennt, und jeder an einer Röhre angebracht, welche auf eine gewisse Länge in den Kessel hinabreicht.

Wenn nur zwei Hähne vorhanden sind, so reicht die eine Röhre bis auf 5 Centimeter (2 Zoll) von dem normalen Wasserstande hinab, während die andere 5 Centimeter unter denselben hinabreicht.

Bei drei Hähnen reicht die dritte Röhre bis zum Wasserstande.

Die Fig. 13 und 14., Taf. XI. stellen eine Wasserstands-Vorrichtung dar, welche aus drei vereinigten Hähnen besteht, und welche sehr zweckmäßig für horizontale cylindrische Kessel ist.

§. 4. Allarmschwimmer.

Allarmschwimmer nennt man diejenigen Apparate, welche es auf eine sehr laute Weise anzeigen, daß der Wasserstand in dem Kessel den niedrigsten Stand erreicht hat, ohne daß dadurch eine Explosion veranlaßt werden kann.

Im Allgemeinen bestehen diese Schwimmer aus den gewöhnlichen Schwimmern mit Gegengewicht, deren Stopfbüchse durch eine Pfeife ersetzt worden ist. Man hat zweierlei Arten von Lärmschwimmern: solche mit innerem Gegengewicht (Taf. IX., Fig. 2, 3, 4.) und solche mit äußern (Fig. 5 und 6.).

Die ersteren haben das Nachtheilige, daß sie weder leicht regulirt, nachgesehen oder reparirt werden können, indem der ganze Apparat im Innern des Kessels angebracht worden ist; auch überziehen sie sich leicht mit Kesselstein, wodurch sie zuletzt unbrauchbar werden. Die zweite Art dieser Apparate, welche wir zuerst vorgeschlagen haben, bestehen in den gewöhnlichen Schwimmern, bei denen man die Stopfbüchse durch eine Pfeife ersetzt hat; ihre Reparatur ist sehr leicht, und es ist hinreichend, den Fuß auf den Balancier zu setzen, um sich zu überzeugen, daß sie gut wirken; man giebt ihnen daher auch überall den Vorzug.

Neuntes Capitel.

Vertheiler oder Distributoren.

Es gehören hierher diejenigen Apparate, welche den Zweck haben, um eines Theils die Verbindung zwischen dem Kessel und einer von den Flächen des Triebkolbens, und andern Theils zwischen der andern Fläche desselben und der Atmosphäre oder dem Condensator herzustellen, je nachdem eine Maschine mit dem letztern versehen ist, oder nicht.

Bei den ersten Dampfmaschinen waren die Distributoren nichts anders, als zwei Weghähne, von denen jeder an einer Röhre angebracht worden war, und die einerseits mit dem Cylinder, anderntheils mit dem Kessel oder dem Condensator in Verbindung standen. Für jedes Ende des Kolbenlaufs waren zwei Röhren erforderlich, und deßhalb vier Hähne, die zuvörderst mit der Hand und später durch einen Steuerungs-Apparat bewegt wurden, der an der Maschine angebracht worden war. Später erschien der Vierweghahn von Leupold (Taf. XII., Fig. 4 bis), welcher für sich allein denselben Zweck erfüllte, als vorher die vier Hähne. Die Fig. 1 und 2., Taf. XII. stellen eine Art und Weise der Ausführung dieses Hahnes dar, welche von dem geschickten Maschinenbauer Maudslay herrührt, und die er lange Zeit hindurch bei seinen trefflichen Maschinen angewendet hat.

Der Dampf strömt durch die Röhre **A** herbei und in den Raum **B**; **C** und **D** sind die Einströmungsöffnungen in den Cylinder, wogegen **E** die Ausströmungsöffnung ist. Wenn der Raum **B** mit einer von den beiden Oeffnungen **C** oder **D** in Verbindung steht, so communicirt der andere mit der Ausströmungs-Oeffnung durch den Raum **F**, wie man aus einer nähern Betrachtung der Figur leicht sehen kann.

Das was die Benutzung der Hähne bei der Dampfvertheilung im Allgemeinen erschwert, ist die Leichtigkeit, mit der sie hängen bleiben und sich abnutzen. Herr Maudslay gab, um den Nachtheil des Hängenbleibens möglichst zu vermindern, dem Kegel eine große Neigung, und statt den Schlüssel gegen das Gehäuse durch eine Scheibe und eine Schraubenmutter anzudrücken, brachte er eine Springfeder **G** an, deren Druck nebst dem des Dampfes, hinreichend war, um den Schlüssel in seiner Stellung zu erhalten, ohne daß er hängen zu bleiben Gefahr läuft. Obgleich sich diese, wie alle übrigen Hähne sehr bald abnutzen, so

würden sie dennoch jetzt noch in Gebrauch sein, wenn man nicht weit bessere Apparate erfunden hätte.

Die Fig. 3. stellt die Art und Weise der Dampfvertheilung durch Hähne dar, so wie sie lange Zeit hindurch bei den oscillirenden Maschinen des pariser Maschinenbauer Cavé angewendet worden ist, nicht deßhalb, weil sie so sehr zweckmäßig war, sondern weil es große Schwierigkeiten hatte, die Dampfvertheilung bei diesen Maschinen auf eine andere Weise zu bewirken. Bei dieser Vertheilung strömt der Dampf durch **A** ein, und strömt durch **B** und **B'** aus; die Hähne drehen sich und stellen ein jeder wechselsweise die Verbindung zwischen ihrer Oeffnung und dem Kessel her. In der von der Figur angegebenen Stellung der Hähne, strömt der Dampf unten ein und oben aus.

Ohne alle Systeme der Distribution kennen zu lernen, welche zu den jetzt vorzugsweise gebräuchlichsten geführt haben, bemerken wir, daß es jetzt drei verschiedene Apparate giebt, welche zur Vertheilung des Dampfes in den Cylindern dienen, nämlich:

Der Muschelschieber, — der Schieber mit Liderung, — das Ventil.

Wir wollen einen jeden von diesen Distributoren kennen zu lernen suchen.

§. 1. Muschelschieber.

Der Muschelschieber ist der beste von allen bekannten Distributoren, unglücklicherweise kann er nicht bei allen Kräften der Maschinen angewendet werden, indem das, was ihn bei kleinen Maschinen zum Vorzug gereicht, bei großen sein sehr bedeutender Mangel ist, wie wir weiter unten sehen werden.

Dieser Vertheiler (Fig. 4. **A**), obgleich er von dem Leupold'schen Hahn (Fig. 4 bis) wesentlich verschieden ist, war dennoch die unmittelbare Folge desselben. Um sich davon zu überzeugen ist die Bemerkung hinreichend, daß, wenn bei diesem letztern **A** die Einströmungsöffnung des Dampfes, **B** die Ausströmungsöffnung, **C** und **D** die Vertheilungsöffnungen in dem Cylinder, man von dem Schlüssel dieses Hahns die beiden Theile, welche zwischen sich den massiven Theil **MN** umfassen, oder auch nur einen von ihnen, nämlich den, welcher **A** und **C** correspondirt, abzieht, die Vertheilung dennoch regelmäßig bewirkt zu werden, fortfährt, und daß man statt eines Schlüssels, der in seinem Gehäuse hängen bleiben kann, nur einen Theil von einem Schlüssel hat, der gegen die Wand dieses Gehäuses, durch den Druck, den

der Dampf in der Kammer **A C** ausübt, welche vorher der weggelassene Theil des Schlüssels einnahm, fest angedrückt wird.

Sobald aber der Vertheilungsschlüssel das Gehäuse nicht mehr vollständig ausfüllt, ohne daß deßhalb die regelmäßige Dampfvertheilung aufhört, wird es auch unnütz, daß das letztere seine ursprüngliche Form beibehält, und man kann ihn durch einen Raum von irgend einer Form ersetzen (Fig. 4 ter), von welchem eine Wand cylindrisch und hinreichend groß ist, so daß der Theil des Schlüssels, welcher zur Bewirkung der Vertheilung dient, mit ihr während des ganzen Weges, den er zu durchlaufen hat, in Berührung bleibt. Aus dieser Abänderung erfolgen: 1) Eine bedeutende Vergrößerung von dem Halbmesser des Schlüssels; 2) die Näherung der Einströmungs- und Ausströmungs-Oeffnungen.

Noch jetzt giebt es einige Maschinen mit dieser Einrichtung des Vertheilungs-Apparates; allein die Abrichtung des Schiebers hat solche Schwierigkeiten, daß ohnerachtet der wesentlichen Vortheile in Beziehung auf die Bewegungsmittheilung, man sie seit langer Zeit nicht mehr anwendet.

Von der Einrichtung der Fig. 4 ter zu der der Fig. 4., d. h. zu einem gewöhnlichen Schieber, giebt es nur einen Schritt; um diese Veränderung vorzunehmen, war es hinreichend, den Halbmesser von dem Leupold'schen Schlüssel dem Unendlichen gleich zu machen, wodurch der cylindrische Theil in einen ebenen verwandelt wurde, und die Bewegung des Schiebers aus der kreisförmigen in eine geradlinige.

Der Muschelschieber, so wie er jetzt angewendet wird, besteht aus einem länglich-viereckigen Kasten **A** (Fig. 4.), dessen Boden oben und dessen Ränder unten befindlich und hinlänglich breit sind. Diese Ränder sind sehr sorgfältig abgehobelt, und eben so die Oberfläche **B** des Dampfcylinders, so daß, wenn beide Theile auf einander liegen, sie so genau passen, daß nicht die geringste Dampfmenge hindurchdringen kann.

Der Raum **C**, in welcher der Schieber befindlich ist, heißt die Dampfbüchse oder Dampfkammer.

Sie steht mit dem Kessel durch eine Röhre in Verbindung, die bei **D** beginnt.

Die Oeffnungen **a**, **b**, **c** in der Platte des Dampfcylinders haben den folgenden Zweck: 1) die Vertheilungsöffnungen **a** und **b** dienen abwechselnd dazu, um eine Verbindung zwischen den Enden des Cylinders, entweder mit der Dampfbüchse, oder mit der Ausströmungsöffnung herzustellen; 2) durch die Oeffnung **c**

strömt der Dampf aus, entweder in die freie Luft, oder in den Condensator.

Die Vertheilungsöffnungen lassen sich während der Bewegung des Schiebers, als Einströmungs- und als Ausströmungsöffnungen unterscheiden. Die erstere steht in Beziehung zu der, welche mit der Dampfbüchse in Verbindung steht, die zweite mit der, welche mit der Ausströmungsöffnung communicirt.

Dem Princip nach ist die Bewegung des Schiebers eine solche, daß, wenn der Kolben an dem einen Ende seines Laufs ist, der Schieber sich in der Mitte des seinigen befindet und umgekehrt, woraus folgt, daß, wenn der Kolben das Ende seines Laufs erreicht hat, die Vertheilungsöffnungen geschlossen sind, während, wenn er sich in der Mitte seines Laufs befindet, die Vertheilungsöffnungen vollständig aufgeschlossen sind, und die eine mit der Dampfbüchse, so wie die andere mit der Ausströmungsöffnung in Verbindung steht.

Man unterscheidet zwei Arten von Muschelschiebern, nämlich solche ohne Expansion und solche mit Expansion.

Die Schieber ohne Expansion sind diejenigen, welche dem aus dem Kessel herbeiströmenden Dampf gestatten, während des ganzen Kolbenlaufs in den Cylinder einzuströmen.

Die Expansions-Schieber dagegen sind diejenigen, welche dem aus dem Kessel kommenden Dampf gestatten, nur während eines Theils von dem Kolbenlauf in den Cylinder einzuströmen.

Schieber für Dampfmaschinen ohne Expansion.

Bei diesen Schiebern ist die Breite der Oeffnungen, die der beiden vollen Theile, welche sie trennen, und die der beiden vollen Enden des Schiebers, der Theorie nach unter einander gleich. Außerdem ist die Breite des innern leeren Raums von dem Schieber gleich dem dreifachen obigem.

In der Praxis ist es zuweilen der Fall, daß, um die Vertheilungsöffnungen von den vollen Enden des Schiebers luftdichter verschließen zu können, man die Breite dieser letztern etwas vermehrt. In diesem Fall muß man aber auch die Breite der vollen Theile, welche die Oeffnungen von einander trennen, eben so viel erhöhen. Der Lauf des Schiebers, welcher ursprünglich gleich zweien Breiten der Oeffnung war, wird alsdann gleich einer und einer Breite des vollen Theils.

Zuweilen erhöht man auch die Breite der Ausströmungsöffnung; in diesem Fall ist die Breite des innern leeren Raums von

dem Schieber gleich der dreifachen Breite von einer Vertheilungsöffnung, von einem massiven Theil und von einer Ausströmungsöffnung.

Da der Raum im Innern des Schiebers stets in Verbindung mit der Luft, oder dem Condensator steht, so folgt daraus, daß, wenn er vollkommen dicht auf die Cylinderplatte schließt, er gegen dieselbe eine Reibung ausübt, welche der Differenz des innern und des äußern Drucks, so wie auch des Durchschnitts seiner Aushöhlung proportional ist. Je stärker nun die Maschinen sind, um so bedeutender muß auch die Aushöhlung des Schiebers sein, so daß es demnach bei Maschinen über 30 Pferdekräfte nicht mehr vortheilhaft ist, diese Vertheiler anzuwenden, indem zu ihrer Bewegung eine zu bedeutende Kraft erforderlich ist.

Wir haben weiter oben bemerkt, daß die Bewegung des Schiebers normal sei, wenn derselbe in dem Augenblick in die Mitte seines Laufs gelangt, in welchem der Kolben die Mitte des seinigen erreicht habe. Es folgt daraus, daß das Ausströmen des schon benutzten Dampfes und das Einströmen des entgegengesetzten stattfinden, ehe der Kolben das Ende seines Laufs erreicht hat.

Diese Modification, welche man das Voraneilen des Schiebers nennt, weil es, um zu dem erwünschten Resultat zu gelangen, hinreichend ist, den Apparat zur Mittheilung der Bewegung des Schiebers dem des Kolbens vorangehen zu lassen, scheint auf den ersten Blick, eine Verminderung des Nutzeffectes von dem Dampfe zu veranlassen. Jedoch ist dies durchaus nicht der Fall, indem dadurch offenbar eine Vermehrung des Nutzeffects erfolgt. Wirklich, wenn der Kolben das Ende seines Laufs erreicht hat, während zu gleicher Zeit der Schieber in die Mitte des seinigen gelangt ist, so findet das Ausströmen des benutzten Dampfes und das Einströmen des Dampfes in entgegengesetzter Richtung nur erst dann statt, wenn diese beiden Stücke schon einen kleinen Raum durchlaufen haben; da aber in diesem Augenblick die Ausströmungs- und die Einströmungsöffnungen sehr klein sind, so hat der bereits benutzte Dampf Mühe auszuströmen, und der frische Mühe einzuströmen. Es folgt daraus, daß die Verminderung des Drucks einerseits, und die Vermehrung des Drucks andererseits nur langsam erfolgen, und daß folglich der Kolben eine Zeit lang nur allein gegen den benutzten Dampf zu wirken hat, so daß nur eine gewisse Menge von der vorher geschehenen Leistung absorbirt werden kann.

Giebt man dagegen dem Schieber ein Voraneilen und be-

ginnt das Ausströmen des benutzten Dampfes vor dem Ende seines Laufs, und strömt der frische Dampf am entgegengesetzten Ende nur schwach ein, so sind die Ausströmungs- und die Einströmungsöffnungen bei der vollständigen Vollendung des Laufs geöffnet genug, daß der benutzte Dampf der Kolbenbewegung nicht entgegenwirkt, und daß die Leistung des frisch einströmenden sogleich vom Anfang des Kolbenlaufs stattfindet.

Expansionsschieber.

Man wendet drei Hauptmethoden an, um die Expansion mittelst Schieber zu bewirken, nämlich:

1) Mittelst eines Schiebers.

2) Mittelst zweier Schieber, von denen jeder seinen besondern Kasten hat.

3) Mittelst zweier oder dreier über einander liegender Schieber.

1) Expansion mittelst eines einzigen Schiebers. In diesem Fall wendet man den gewöhnlichen Schieber an, zu welchem man das hinzufügt, was man Bedeckung nennt.

Die Bedeckung ist eine Erweiterung der Enden von der Schieberoberfläche, die mit der Cylinderplatte in Berührung steht. Diese Erweiterung hat den Zweck, den Verschluß der Einströmungsöffnung zu beschleunigen, ohne die andere in entgegengesetzter Richtung zu öffnen, wie dies durch das Voraneilen allein geschieht.

Die Anwendung der Bedeckung erfordert zwei wesentliche Modificationen in der Anordnung der Dampfvertheilung durch einen gewöhnlichen Schieber, nämlich:

1) Verlängerung des Schieberlaufs.

2) Erweiterung der Ausströmungsöffnung.

Die erstere von diesen Veränderungen rührt daher, daß, wenn der Lauf derselbe bliebe, als vorher, der vollständige Aufschluß der Einströmungsöffnung sich um eine Größe vermindert finden würde, welche gleich der Breite der Bedeckung ist. Um dies zu vermeiden, vermehrt man den Lauf des Schiebers um das Zweifache der Bedeckung eines jeden von seinen Enden.

Die zweite Modification rührt daher, daß in Folge der Vergrößerung des Schieberlaufs, um die Einströmungsöffnung frei zu machen, die vollständige Aufschließung der Ausströmung sich ihrerseits um eine Größe vermindert findet, welche gleich der Breite der Bedeckung ist. Um dies zu vermeiden, vergrößert

man die Breite dieser Oeffnung wenigstens um einmal der Bedeckung. Es folgt daraus, daß, wenn der Schieber an das Ende seines Laufs gelangt ist: 1) die Vertheilungsöffnungen, wie vorher, vollständig geöffnet sind; 2) daß die Ausströmungsöffnung nur um eine Größe geschlossen ist, welche höchstens gleich der Differenz zwischen ihrem Durchschnitt und dem der Vertheilungsöffnung ist.

Die Fig. 7 bis (Taf. XII.) stellt einen Schieber mit Bedeckung dar.

Das Voraneilen in Verbindung mit der Bedeckung, bildet das beste System der Vertheilung mittelst eines einzigen Schiebers. Wirklich verhindert eines Theils die Bedeckung die Ankunft des Gegendampfes, welcher durch das Voraneilen allein am Ende des Laufes auf den Kolben einwirkt; andern Theils gestattet das Voraneilen, ohne daß der benutzte Dampf schon vor dem Ende des Kolbenlaufs ausgeströmt ist, und der frische Dampf auf der entgegengesetzten Seite, schon vor Anfang des neuen Laufs eingeströmt, zwei Bedingungen, welche durch die Bedeckung allein nicht erreicht werden können.

Die Fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10. sind die drei respectiven Stellungen eines Schiebers, seines Excentricums und der Kurbel mit Bedeckung und Voraneilen um 25°. Es ist dieselbe, welche in Fig. 7 bis dargestellt worden ist, und sie ist von einer Locomotive der englischen Maschinenbauer von Sharp und Roberts entnommen.

Die Fig. 9 und 10. stellen die Kurbel, so wie auch den Kolben am Ende seines Laufs dar; das Voraneilen ist der Bedeckung gleich, indem die äußersten Kanten der folgenden Einströmungsöffnung und des Schiebers zusammenfallen. Fände dieses Voraneilen nicht statt, so würde sich der Schieber in der Stellung Fig. 7. befinden, und das Einströmen würde nicht eher stattfinden, als wenn die Kurbel 25° durchlaufen haben würde, welches dem Einströmen eines plötzlichen Volum von benutztem Dampf entsprechen würde. Wenn man dagegen die Stellung des Schiebers der Fig. 9., als die Mitte des Laufs, ohne Voraneilen des Excentricums betrachtet, so würde die Vertheilung in einer Richtung vollkommen, dagegen aber in der andern sehr schlecht erfolgen, vorausgesetzt, daß beim Ausströmen und Einströmen eine Verspätung stattfindet, denn die Fig. 9. würde dieselbe für die Kurbel in der entgegengesetzten Stellung von der der Fig. 10. sein.

Man folgert daraus, daß kein wirklicher Vortheil bei der

Anwendung der Bedeckung stattfinden kann, sobald man das Voraneilen giebt. Außerdem muß die Bedeckung höchstens dem Voraneilen gleich sein, weil außerdem diese letztere einen Theil ihrer Vortheile verliert.

Eben so wie es aber, wenn der Schieber keine Bedeckung hat, vortheilhaft ist, Voraneilen zu geben, d. h. ein vorheriges Ausströmen des Dampfes zu gestatten; so ist es auch, wenn der Schieber Bedeckung hat, vortheilhaft, derselben ein Voraneilen zu geben, d. h. das Ausströmen zu vermindern. Diese Thatsache ist aus den interessanten Versuchen hervorgegangen, welche die Herren Flachat und Pétiet an den Locomotiven der St. Germain- und der Versailler-Bahn (rechtes Seinen-Ufer), angestellt haben. Diese geschickten Ingenieure haben gefunden, daß der höchste Nutzeffect einem Voraneilen von 25° am Excentricum und bei einer gleichen Bedeckung entspricht, jedoch nicht bei der ganzen, sondern nur bei $\frac{2}{3}$ des entsprechenden linearen Voraneilens bei dem Schieber.

Nun ist es aber zweckmäßig zu bemerken, daß es in diesen Fällen nicht das Ausströmen ist, welches gewinnt, da es nicht früher und nicht später bewirkt werden kann (Fig. 7.); der Verschluß selbst erfolgt viel später, weil die Bedeckung geringer ist; es ist demnach mehr Dampf verbraucht. Das Einströmen in entgegengesetzter Richtung aber erfolgt, ehe der Kolben an das Ende seines Laufs gelangt ist, weil, wenn die Bedeckung vollständig ist (Fig. 9.), das Einströmen nur zu Anfang des Laufs stattfindet.

Es ist demnach der Gegendampf, oder vielmehr das vorher erfolgende Einströmen des Dampfes eher vortheilhaft, als nachtheilig. Es folgt dies nicht allein aus den Thatsachen, welche wir bewiesen haben, sondern auch aus dem, was wir über das verspätete Einströmen bemerkt haben, wodurch ein gewisses Volum Dampf unwirksam wird.

Wir sehen demnach, daß das stufenweise Oeffnen der Schieber nicht ohne Nachtheil ist, weil sie zu einem Nutzeffect führt, welcher bei Gegendampf bedeutender ist, als wenn solcher nicht existirt. Wir kommen auf diesen Gegenstand zurück, wenn wir von der Bewegung der Distributoren reden.

2) Expansion mittelst zweier Schieber, von denen eine jede ihren besondern Kasten hat. Dieses System, welches lange Zeit hindurch ausschließlich bei den Maschinen des Herrn Saulnier (bei der pariser Münze) angewendet worden ist, welcher dasselbe erfunden hat (Fig. 12.), besteht aus

zwei Schiebern, von denen der eine gewöhnliche, denselben Regeln, wie ein Schieber ohne Expansion unterworfen ist, wogegen der andere flach ist, und nur dazu dient, das Einströmen des Dampfes in den Kasten des ersten zu reguliren.

Es giebt zwei Arten, um das Einströmen des Dampfes mittelst eines flachen Schiebers zu reguliren; das erstere, in der Fig. 12. dargestellte, besteht darin, den Verschluß durch eine der äußersten Kanten des Schiebers zu bewirken; das andere besteht darin, in diesem Schieber eine Oeffnung zu lassen, welche gleich der in dem Kasten ist.

In dem ersten Falle macht der Expansionsschieber zwei Mal die wiederkehrende Bewegung, während sie der andere nur ein einziges Mal macht, indem er stets bereit sein muß, die Oeffnung des Dampfkastens aufzuschließen, wenn der andere sich auf der Mitte seines Laufs befindet. Der Erfinder hat dieses Resultat dadurch erlangt, daß er die Bewegung der Excentricum-Welle des platten Schiebers durch zwei Zahnräder mittheilte, von denen das eine einen halb so großen Durchmesser hat, als das andere.

Im zweiten Fall kann die Bewegung des Expansionsschiebers dieselbe sein, wie die des Schiebers ohne Expansion, vorausgesetzt, daß die vollen Theile zu beiden Seiten der Schieberöffnung wechselsweise die der Cylinderplatte verschließt.

Bei dem vorliegenden System wechselt der Expansionspunkt nach der Stellung des Excentricums in Beziehung auf den Schieber. Da sich demnach in der Figur die Linie der Mittelpunkte des Excentricums senkrecht auf seiner Stange befindet, so findet die Expansion auf der Hälfte des Laufs statt, denn der Expansionsschieber kann erst dann zu derselben Stelle zurückgekommen sein, wenn das Excentricum eine halbe Umdrehung gemacht haben wird. Nun entspricht aber eine halbe Umdrehung des Excentricums von dem Expansionsschieber einer Viertelumdrehung von dem Excentricum des andern Schiebers, d. h. einem halben Kolbenlauf. Will man die Expansion auf einen höhern Punkt treiben, als auf die Hälfte des Laufs, so läßt man den kleinen Schieber die Stellung in der Figur, und man läßt der Mittelpunktslinie seines Excentricums einen stumpfen Winkel mit der Stange machen. Je größer dieser Winkel ist, je näher liegen die beiden Momente bei einander, in welchen der kleine Schieber in die Stellung der Figur zurückkommt; endlich bei einem Winkel von 180° oder bei zwei rechten Winkeln, bleibt der kleine Schieber fortwährend geschlossen.

Will man dagegen eine geringere Expansion unter der Hälfte des Laufs anwenden, so läßt man die Mittelpunktslinie einen spitzen Winkel mit der Stange machen. Bei einem Winkel von 0° findet keine Expansion statt, indem die Oeffnung stets aufgeschlossen bleibt, oder sich wenigstens nur einen Augenblick schließt.

Alles dies wird auf eine sehr einfache Weise bewirkt; es ist wirklich hinreichend, die Maschine aufzuhalten, wenn der Kolben eins von den Enden seines Laufs erreicht hat, alsdann mittelst einer Stange mit Schraube, die Stange des kleinen Schiebers festzuhalten, und wenn dies geschehen ist, die Muttern ihrer Querstange zu lösen und die Stellung des Excentricums zu wechseln, wodurch alles Uebrige mit sich geführt wird, mit Ausnahme des Schiebers. Ist diese Operation geendigt, so zieht man die Schrauben von der Querstange des kleinen Schiebers wieder an, und man hat die Expansion verändert. Bei einem solchen Verfahren ist es zweckmäßig, überzeugt zu sein, daß der kleine Schieber sich wirklich an dem Platze befindet, den er einnehmen muß, d. h. an dem, welchen die Figur einnimmt.

Bei dem andern System verändert man die Expansion, wenn man den Lauf des kleinen Schiebers verändert; wir werden weitläufig davon reden, wenn wir zu den Locomotiven gelangen.

3) Expansion mittelst zweier über einander liegender Schieber. Dieses Expansionssystem gewährt den Vortheil, daß der Expansionsschieber zwischen dem Dampfkasten und dem Cylinder liegt, welches von dem Volum dieses letztern den Dampf in den Leitungen vermindert, welcher sich bei der vorhergehenden Einrichtung fast als reiner Verlust ausdehnt.

Es besteht dies System aus einem Schieber **A** (Fig. 13.), welcher denselben Regeln unterworfen ist, als die Schieber ohne Expansion, welcher aber in zwei Oeffnungen **CD** endigt, welche ihn durchschneiden und durch welche der in den Cylinder strömende Dampf zu gehen genöthigt ist. Auf diesem Schieber ist eine Platte, welche zur Aufnahme des zweiten Schiebers **D** dient, welches der Expansionsschieber ist, und der zwischen zwei Leitstäben gleitet, welche der Bewegung des Schiebers **A** parallel und folglich bestimmt sind, den abwechselnden Verschluß der Oeffnungen **C** und **D** zu bewirken.

Man unterscheidet zwei hauptsächliche Arten, um den Verschluß der Oeffnungen **C** und **D** mittelst des Schiebers **B** zu bewirken. Bei den ersteren (Fig. 13, 13 bis) begleitet der Schieber **B** den Schieber **A** auf seinem Laufe und wird in einem gewissen

Augenblick von einem Aufhalter **E** aufgehalten. Der Schieber **A**, fährt fort voranzueilen, die Oeffnung geht unter den Schieber **B** und die Einströmung ist verschlossen. Wenn der Schieber **A** seine Bewegung in entgegengesetzter Richtung wieder annimmt, so geht der Schieber **B**, da er nicht mehr zurückgehalten wird, mit ihm, bis daß er von Neuem durch denselben Aufhalter aufgehalten wird, der gegen die entgegengesetzte Seite wirkt. Da dieser Aufhalter die Form einer Ellipse hat, so wechselt der Punkt der Expansion je nach der Stellung, die man jenem ertheilt; je größer der Durchmesser ist, welcher durch den Berührungspunkt geht, je höher ist der Expansionspunkt und umgekehrt. Jedoch ist es gut zu bemerken, daß man durch diese Einrichtung die Expansion nicht unter der Hälfte des Kolbenlaufs ausdehnen kann, weil die Expansionsöffnung verschlossen sein muß, wenn der Schieber **A** an das Ende seines Laufs gelangt, wovon man sich durch Einsicht der Figur leicht überzeugen kann. Nun entspricht aber das Ende von dem Lauf des Schiebers **A** der Mitte von dem des Kolbens, ohne Voraneilen.

Bei der zweiten Art (Fig. **14, 15.**) hat jeder Schieber eine Stange und eine besondere Bewegung. Zur Veränderung der Expansion ist es hinreichend, die relativen Stellungen der excentrischen Scheiben zu verändern, durch welche die Bewegung mitgetheilt wird. Diese Art des Verschlusses der Oeffnungen hat gegen die vorhergehende den Vortheil, die Expansion vom ganzen Lauf an, bis zu einem sehr kleinen Bruch desselben zu gestatten.

Wir werden übrigens die Details aller dieser Systeme der Expansion untersuchen, wenn wir die Maschinen der verschiedenen Maschinenbauer beschreiben.

§. 2. Schieber mit Liderung.

Der erste Schieber mit Liderung (Taf. **XII.**, Fig. **16** und **17.**) wurde von W a t t erfunden. Er besteht aus einem Cylinder **A**, welcher im Durchschnitt die Form eines **D** hat, und der sich in einem Dampfkasten zwischen zwei Garnituren von Stopfungen **B** und **C** und einer Platte **D, D'** bewegt, mit welcher er nur durch seine Enden **E, E'** in Berührung steht.

Der Dampf strömt durch die Oeffnung des Klappenventils **F** in den Raum **G**, zwischen den beiden Liderungen **B** und **C** befindet. Da die Einströmungsöffnungen **H** und **H'** sind, und die Ausströmungsöffnung **H''**, so sieht man, daß, wenn der Schieber den obersten Punkt seines Laufs erreicht hat (Fig. **16.**), der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf mittelst der Oeffnung **H** in den

Cylinder strömt, und der, welcher schon benutzt worden ist, durch die Oeffnungen H′ und H″ entweicht. Wenn dagegen der Schieber an den untersten Punkt seines Laufs gelangt ist (Fig. 17.), so strömt der aus dem Kessel kommende Dampf durch die Oeffnung H′ in den Cylinder, und der schon benutzte entweicht durch die Oeffnungen H und H″, indem er durch das Innere des beweglichen Cylinders A geht.

Dieser Schieber hat gegen den Muschelschieber den Vortheil, daß er zu seiner Bewegung nur einer sehr geringen Kraft bedarf, indem der Dampfdruck ringsum auf seine Oberfläche, überall im Gleichgewicht steht; er hat dagegen aber auch verschiedene Nachtheile, nämlich:

1) Er ist mit Liderungen versehen, wodurch er unzweckmäßiger, als der erstere wird.

2) Die fortwährende Verbindung zwischen seiner innern Oberfläche und dem Condensator, dessen Temperatur höchstens 40° beträgt, strebt seine Oberfläche, und folglich den aus dem Kessel kommenden Dampf fortwährend abzukühlen.

3) Wenn die Platte E und E′ und die Platte D, D′ in der gewöhnlichen Temperatur abgerichtet und auf einander gepaßt worden sind, so ist es sehr häufig der Fall, daß sich der cylindrische Theil in der Hitze zieht, so daß beide nicht mehr genau auf einander passen, wodurch ein Dampfverlust entsteht, wodurch nicht allein der Brennmaterialverbrauch vermehrt, sondern auch der regelmäßige Gang des Kolbens verhindert wird.

Ohne die Liderung ganz wegzulassen, welche bei den Distributoren dieser Art unerläßlich ist, hat man durch die Anwendung des Schiebers mit Liderung, in der Form eines liegenden D, welcher in der Fig. 1. der Taf. XIII. bei A und B abgebildet worden ist, die beiden ersten Mängel zu vermeiden gesucht.

Dieser Schieber, welcher nur bei einer Vertheilungsöffnung angewendet wird, besteht in einem halben Cylinder, welcher durch einen Scheider C in zwei gleiche Theile getheilt ist. Dieser Scheider läuft in eine platte Bedeckung D aus, welcher zum Verschluß der Oeffnung wie bei dem vorhergehenden Schieber dient. Der cylindrische Theil bewegt sich in einer Liderung, welche die Verbindung zwischen Unten und Oben unterbricht. Statt eines einzigen Dampfkastens, wie in dem vorhergehenden Falle, giebt es zwei, welche durch eine Röhre mit einander in Verbindung stehen; eine und dieselbe Stange dient zur Bewegung der beiden Schieber. Uebrigens hat der Dampfdruck keinen Einfluß auf ihre Be-

wegung, denn da er durch die Oeffnung E einströmt, so wirkt er unter dem Schieber A und über dem Schieber B.

Dieses Schiebersystem wird bei allen Maschinen angewendet, deren Kraft 30 Pferde übersteigt, und bei denen Ventile nicht mit Vortheil angewendet werden können. Er wirkt sehr gut, nur erfordert er eine Liderung, welche, wenn sie in gutem Stande erhalten werden soll, einige Unbequemlichkeit veranlaßt, besonders bei den Schiffs-Dampfmaschinen. Man hat es versucht, bei diesen Apparaten Metallliderungen anzuwenden, allein man hat durch diesen Tausch keine so genügende Resultate erlangt, als daß er vortheilhaft sein könnte. Jedoch werden einst bei den Dampfmaschinen alle Hanfliderungen gänzlich verschwinden, sobald man nur das Mittel gefunden hat, die Metallliderungen eben so dauerhaft und eben so dicht zu machen, als die Hanfliderungen.

§. 3. Ventile.

Die Bewegung der Schieber wird im Allgemeinen durch excentrische Scheiben mitgetheilt, die auf der Hauptwelle der Maschine angebracht worden sind. Wenn aber die Maschinen den Zweck haben, Pumpen oder Gebläse in Bewegung zu setzen, mit einem Wort, wenn keine Welle dabei erforderlich ist, so müßte man, wenn die Vertheilung durch Schieber und Excentrica bewirkt werden sollte, ganz besonders eine Welle hinzufügen, welche mit allen ihren Nebentheilen versehen wäre, d. h. mit einem Lenker, einer Kurbel und einem Schwungrade. Diese Einrichtung würde nicht allein kostbar sein, sondern sie würde auch andern Maschinentheilen den erforderlichen Platz rauben, und was das Schlimmste ist, sie würde diejenigen Theile, welche oft eine Ruhe an jedem Ende des Laufs erfordern, wie wir dies später sehen werden, zu einer ununterbrochenen Bewegung veranlassen.

Es giebt wohl ein einfaches Mittel, die Schieber auf eine andere Weise zu bewegen, als durch Excentrica, nämlich durch den Apparat, welcher die Ventile in Bewegung setzt; allein obgleich Vorrichtungen dieser Art durchaus nicht unzweckmäßig sind, so wendet man sie doch im Allgemeinen nicht an, sondern die Ventile sind es, welche die Vertheilung des Dampfes bei den nicht rotirenden Maschinen bewirken.

Es giebt im Allgemeinen drei Arten von Ventilen, welche zu dieser Operation angewendet werden, nämlich:

Die platten Ventile.

Die Ventile mit Liderung.

Die Laternen-Ventile.

Die platten Ventile (Taf. XIII., Fig. 2.), deren Wirkungsweise man aus der Figur ersieht, sind gewöhnliche Ventile (auch Kegelventile genannt); sie haben concentrische Stangen, welche abwechselnd gehoben werden, um nach einander die Vertheilungsöffnung A des Cylinders, oder die des Kastens B, in den der Dampf aus dem Kessel strömt, oder die des Kastens C, aus welcher der Dampf zu dem Condensator gelangt, auszuschließen.

Diese Ventile schließen sehr gut und sind auch sehr dauerhaft, weßhalb sie auch bei sehr vielen großen Maschinen angewendet werden. Dagegen haben sie einen Nachtheil, der aus ihrer Einrichtung selbst hervorgeht. Der Dampf übt nämlich einen Druck auf ihre Oberfläche aus, so daß zu ihrer Bewegung eine gewisse Kraft erforderlich ist.

Bei Niederdruck ist diese Kraft gering; auch sind die Ventile, ohnerachtet dieses Mangels, allen übrigen Obturatoren vorzuziehen. Bei Hochdruckmaschinen dagegen, können sie nicht angewendet werden, und es ist daher unerläßlich, irgend eine andere Vorrichtung anzuwenden.

Man verbessert zum Theil die Schwierigkeit der Bewegung dieser Ventile durch Hinzufügung des Kolbens P an der untern Ventilstange und der Verbindungsröhre D zwischen dem Kasten A und dem untern Theile P. Es folgt daraus, daß, da der Druck auf das untere Ventil und den Kolben gleich und entgegenwirkend ist, ein Gleichgewicht stattfindet, so daß die Hebung dieses Ventils fast gar keine Kraft erfordert.

Von den Ventilen mit Liderung (Fig. 3 und 4.) und von den Laternen-Ventilen (Fig. 5.), haben wir bereits geredet, und fügen nur noch hinzu, daß die letztern, obgleich sie mehr Dampf hindurchgehen lassen, als die erstern, im Allgemeinen vorgezogen werden, theils weil sie gebräuchlicher sind, und theils weil sie nicht die Benutzung einer Liderung erfordern. Das in Fig. 4. abgebildete Ventil ist neu und rührt von uns her; seine praktische Brauchbarkeit kennen wir noch nicht, allein es bedarf keiner Liderung. Die Schieber in der Form eines liegenden D sind als Dampfvertheiler jedenfalls den Ventilen vorzuziehen.

Zehntes Capitel.

Bewegung der Distributoren.

Die Apparate, welche zur Bewegung der Distributoren angewendet werden, sind nothwendig nach der Beschaffenheit dieser

Stücke verschieden; jedoch zerfallen sie in zwei Hauptkategorien, nämlich:

1) Bewegung durch excentrische Scheiben.

2) Bewegung durch Hebel.

Da die drei Arten von Distributoren, von denen wir in dem vorhergehenden Capitel geredet haben, sämmtlich eine wiederkehrend geradlinige Bewegung haben, so kann man auf dieselben ohne Unterschied die verschiedenen Systeme der Bewegungsmittheilung, welche zu diesen beiden Kategorien gehören, anwenden. Jedoch verhält sich dies nicht so, indem im Allgemeinen die Bewegungsmittheilung durch excentrische Scheiben ausschließlich bei den Schiebern, und die durch Hebel nur bei den Ventilen angewendet wird.

§. 1. Bewegung durch excentrische Scheiben.

Man wendet entweder das kreisförmige Excentricum A (Taf. XIII., Fig. 6.) oder das dreieckige Excentricum (Taf. XII., Fig. 14 und 15.), oder endlich ein Excentricum von verschiedenartiger Form (Taf. XII., Fig. 11.) an.

Das kreisförmige Excentricum, welches dem Schieber eine continuirliche Bewegung mittheilt, und aus diesem Grunde das Oeffnen und den Verschluß der Oeffnungen nur nach und nach bewirkt, wird nichts desto weniger am meisten von allen angewendet, entweder ohne Expansion, oder mit derselben, da es sich leicht mit den Stücken verbinden läßt, mittelst denen es die Bewegung dem Schieber mittheilt, und weil es außerdem weder einen Stoß, noch ein Geräusch veranlaßt, welches bei den Dampfmaschinen sehr schätzbar ist.

Obgleich das Aufschließen der Oeffnungen durch ein kreisförmiges Excentricum nach und nach erfolgt, so geschieht es doch schnell, wovon man sich durch einen Blick auf die Fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10. (Taf. XII.), überzeugen kann. Wirklich sieht man (Fig. 8.), daß, wenn das Excentricum auf der Mitte seines Laufs ist, es hinreicht (Fig. 10.), um 25° vorwärts zu gehen, während der Schieber schon die Hälfte von dem halben Lauf gemacht hat, den er machen muß, um die Ausströmungsöffnung vollständig aufzuschließen, so daß von 25° bis 155°, d. h. während 130° die Oeffnung mehr als zur Hälfte aufgeschlossen bleibt. Durch diese vortheilhaften Resultate sind viele Maschinenbauer, welche andere Apparate versucht hatten, immer wieder auf das kreisförmige Excentricum zurückgekommen, dessen Ausführung weit einfacher und weit wohlfeiler ist, als die aller übrigen.

Die Fig. 12., Taf. XII., und die Fig. 6., Taf. XIII. stellen die Reihe der verschiedenen Stücke dar, welche man zur Uebertragung der Bewegung auf den Schieber einer Balancier-Maschine anwenden muß; es ist dies einer von den verwickeltsten Fällen; in den Fig. 6, 6 bis und 7., Taf. XIII. hat man:

A die excentrische Scheibe, welche auf der Triebwelle der Maschine befestigt ist.

A' das aus zwei Theilen bestehende Schloßband.

B die Excentricstange oder der Lenker.

C der Excentrichaken.

D der Excentricgriff.

E die Schieberwelle.

F der Schieberhebel (es giebt deren zwei).

G der Schieberlenker (es giebt deren zwei).

H die Querstange des Schiebers.

J die Stange des Schiebers.

K der Rahm des Schiebers.

L der Hebel von dem Gegengewicht des Schiebers.

M der Lenker von dem Gegengewicht des Schiebers.

N Gegengewicht des Schiebers.

Die excentrische Scheibe wird gewöhnlich aus Gußeisen angefertigt und besteht entweder aus einem einzigen Stücke, welches voll oder mit Oeffnungen versehen ist, oder aus zwei Stücken, welche durch Bolzen oder Clavetten mit einander verbunden sind, wie dies stets erforderlich ist, wenn die Tracht einen geringern Durchmesser hat, als alle vor derselben liegenden Stücke.

Das Schloßband besteht gewöhnlich aus Messing, oder aus Schmiedeeisen; selten nur wendet man Gußeisen zu diesem Stücke an.

Der Excentricumlenker besteht stets aus Schmiedeeisen; es ist entweder eine einfache Stange von Flacheisen (Taf. XII., Fig. 12., Expansions-Excentricum), oder er besteht aus einer Vereinigung von Flacheisenstäben, welche sich durchkreuzen und durch Niete mit einander verbunden sind (Taf. XIII., Fig. 6.), damit sie denselben Widerstand darbieten, als eine gleich lange, starke massive Stange.

Der Excentrichaken ist entweder einfach, oder zusammengesetzt. Der einfache Haken besteht in einem Einschnitt (Taf. XII., Fig. 12.), der am Ende seiner Stange angebracht ist; er ist zweckmäßig, wenn die Maschine nur selten angehalten wird, und stets in derselben Richtung geht, weil alsdann der Maschinenwär-

ter zu seiner Lösung nur selten Kraft anzuwenden braucht. Der zusammengesetzte Haken (Taf. XIII., Fig. 6.), welcher bei Bergwerks-Maschinen, oder bei denen der Dampfschiffe angewendet wird, d. h. bei solchen, welche die Richtung ihres Ganges sehr häufig verändern, ist so eingerichtet, daß der Maschinenwärter zum Aushängen des Excentricums keine Kraft anzuwenden braucht, und die Bewegung der Maschine augenblicklich verändern kann.

Um dies zu bewirken, giebt es mehrere Vorrichtungen; die in Fig. 6. bei C dargestellte ist bei vielen Maschinen angewendet worden. Man hat bei der Zusammensetzung dieses Hakens hauptsächlich die Federn zu vermeiden gesucht. Soll eine Maschine angehalten werden, so stützt sich der Wärter auf den Griff D, und indem er dadurch das Ende der Stange hebt, welche in dem kleinen Haken an dem Griff ruht, wird es alsdann leicht, den Haken zu verändern, oder den Schieber mit der Hand durch den Griff D zu bewegen. Um den Betrieb wieder herzustellen, ist es hinreichend, das Ende des kleinen Hakens in der Nähe des Griffes C mit der Hand zurückzuführen, und den Griff D so lange hin und her zu bewegen, bis daß der Knopf sich unter dem Einschnitt des Hakens befindet.

Der Excentricumgriff hat entweder nur einen, oder er hat zwei Knöpfe, je nachdem sich die Maschine nur in einer, oder in zwei Richtungen drehen soll. Zwei Knöpfe sind an den Enden der beiden entgegengesetzten Hebelarme angebracht.

Die Hebel und Lenker des Schiebers, so wie auch sein Gegengewicht, sind stets durch Charniere und Bolzen verbunden; ihre Leistungen sind nicht bedeutend genug, um Bügel und Futter zu erfordern. Der Lenker des Gegengewichtes ist gabelförmig, weil er oft über der Röhre hängt, die den Dampf zum Cylinder führt.

Die Querstange und die Schieberstange bieten nichts Besonderes dar, was wir nicht schon kennten. Der Rahm K besteht aus Schmiedeeisen; man giebt ihm bei Schiebern den Vorzug vor allen übrigen Vorrichtungen, indem er nicht allein sehr dauerhaft ist, sondern auch wegen der Unabhängigkeit, die er dem Schieber gewährt, welcher bei den übrigen Methoden nicht immer in Berührung mit der Cylinderplatte während des ganzen Laufes bleibt.

Das dreieckige Excentricum hat gegen das kreisförmige den Vorzug, daß eine jede von seinen Bewegungen fast augenblicklich bewirkt wird, und daß es bei jeder Veränderung der Lage eine ge-

wisse Zeit lang zu wirken aufhört. Es folgt daraus, daß auf die Dampfvertheilung angewendet (Taf. XII., Fig. 14 und 15.), es die Vertheilungsöffnungen, sowohl zum Einströmen, als auch zum Ausströmen des Dampfes, augenblicklich aufschließt, sie alsdann fast während des ganzen Laufs offen erhält, und sie eben so rasch verschließt, als es sie aufgeschlossen hat. Wegen dieser wichtigen Eigenschaft geben mehrere Maschinenbauer diesem Excentricum den Vorzug, obgleich seine Anwendung mit weit mehr Kosten verbunden ist, als die des kreisförmigen.

Die Fig. 14 und 15., Taf. XIII. stellen eine Anwendung vor, welche der Maschinenbauer Trésel zu St. Quentin mit diesem Excentricum zur Bewegung zweier über einander liegender Expansionsschieber gemacht hat. Man erlangt freilich dasselbe Resultat auch mit kreisförmigen Excentricen, allein der Aufschluß und Verschluß erfolgen nicht so rasch. Um den Punkt der Expansion zu verändern, ist es bei diesem sinnreichen Apparate hinreichend, die Stellung des Excentricums von dem kleinen Schieber zu wechseln.

Das Excentricum von veränderlicher Form wird im Allgemeinen zur Bewirkung der Expansion mittelst eines einzigen Schiebers, entweder mit oder ohne Bedeckung, gebraucht.

Wendet man Bedeckung an, so hat der Schieber 5 verschiedene Stellungen, von denen sich eine drei Mal wiederholt, so daß es im Ganzen 7 sind, nämlich:

Erste Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind geschlossen (Mitte von dem Lauf des Schiebers) (Fig. 1., Taf. X.)

Zweite Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind aufgeschlossen, die eine zum Einströmen, die andere zum Ausströmen des Dampfes (Fig. 2.).

Dritte Stellung. Die Einströmungsöffnung ist verschlossen, und die Ausströmungsöffnung bleibt geöffnet (Fig. 3.).

Vierte Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind verschlossen (Mitte des Schieberlaufs) (Fig. 1.).

Fünfte Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind aufgeschlossen, die erste zum Ausströmen, die zweite zum Einströmen (Fig. 4.).

Sechste Stellung. Die neue Einströmungsöffnung ist verschlossen, und die neue Ausströmungsöffnung bleibt aufgeschlossen (Fig. 5.).

Siebente Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind verschlossen (Mitte des Schieberlaufs) (Fig. 1.).

Um diesen Bedingungen zu genügen, ist Folgendes erforderlich:

1) Die Breite von den vollen Enden des Schiebers ist gleich dem Zweifachen von der Breite der Vertheilungsöffnung; denn es müssen diese Enden dieselbe Oeffnung in zwei Stellungen des Schiebers bedecken, in welcher die andere abwechselnd verschlossen oder geöffnet ist.

2) Wenn die drei Oeffnungen unter einander gleich sind, so muß die Entfernung zwischen zwei auf einander folgenden Oeffnungen gleich der Breite von den vollen Enden des Schiebers sein; denn es muß die eine von den Vertheilungsöffnungen mit dem Dampfkasten in Verbindung stehen, während die andere mit der Ausströmungsöffnung communicirt.

3) Die Breite des innern leeren Raums von dem Schieber muß gleich der Entfernung sein, welche zwischen den beiden Vertheilungsöffnungen vorhanden ist, denn sie müssen eines Theils beide geschlossen sein, andern Theils aber muß, wenn die eine geschlossen ist, die andere geöffnet sein.

Wenn 1 die Breite der Vertheilungsöffnungen darstellt, so hat man:

Breite der Vertheilungsöffnungen	1
Entfernung zwischen den Vertheilungsöffnungen und Breite des innern leeren Raums von dem Schieber	5
Breite der Ausströmungsöffnung . . .	1 — 3 nach Belieben.
Breite der vollen Enden des Schiebers	2

Wenn man keine Bedeckung anwendet, so ist die Platte, in welcher die Oeffnungen befindlich sind, dieselbe, als bei den Schiebern ohne Expansion; die Breite des immer leeren Raums von dem Schieber wechselt, und ist gleich drei Oeffnungen und einem vollen Theil, d. h. 4 Oeffnungsbreiten, indem man annimmt, daß die Breiten der Oeffnungen und der vollen Theile einander gleich sind. In diesem Falle giebt es einen Augenblick, während welchem die beiden Vertheilungsöffnungen gleichzeitig mit der Ausgangsöffnung in Verbindung stehen, welches bei großer Geschwindigkeit ein Vortheil ist.

Dieses angenommen, so läßt sich die Form des Excentricums nach der längern oder kürzern Zeit bestimmen, während welcher

man verlangt, daß der Schieber eine von den 5 Hauptstellungen einnimmt, welche wir weiter oben nachgewiesen haben.

Es sei z. B. A (Fig. 6., Taf. X.) die Triebwelle; wir beschreiben um dieselbe eine erste Peripherie A, deren Halbmesser auf solche Weise bestimmt wird, daß die vorhandene ringförmige Stärke a hinreichend sei, um der Leistung und um dem Festkeilen zu widerstehen.

Wenn der Schieber mit Bedeckung ist, so beschreiben wir, wenn sein Lauf gleich vier Oeffnungsbreiten ist, stets aus dem Mittelpunkte der Welle, 4 Peripherien b, c, d, e, deren Halbmesser unter einander um die Breite der Oeffnung verschieden sind.

Es sei α der Winkel, den das Excentricum vom Anfang des Einströmens bis zu dem Anfang der Expansion zu durchlaufen hat; nehmen wir nun an, daß das Ende der Schieberstange durch einen Punkt dargestellt sei, und daß die Drehung in der Richtung des Pfeils erfolgen, so entsprechen die verschiedenen Stellungen dieses Punktes den verschiedenen Lagen des Schiebers, und werden auf dem Excentricum durch die Zahlen, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dargestellt.

So wie es die Fig. angiebt, und so wie es wirklich der Fall sein muß, sind die Stellungen 1, 4, 7 transitorisch und existiren wirklich nur dann, wenn die Maschine im Ruhestande befindlich ist; für die Bewegung giebt es nur 4 Stellungen, nämlich:

Das Oeffnen des Einströmens und des Ausströmens . . . . 2 oder 5

Das geschlossene Einströmen und das geöffnete Ausströmen . . . . 3 oder 6

In der Praxis wird die Fig. 6. die Fig. 7., in welcher B das Ende der Schieberstange, welches fortwährend auf das Excentricum drückt, darstellt; die Winkel sind alsdann abgerundet, um die Hebung von B und seinen Uebergang, ohne Stoß, aus einer Stellung in die andere zu gestatten.

Die Maschinenbauer, welche diese Art von Expansion anwenden, haben die Form ihres Excentricums verändert, damit die Durchmesser alle unter einander gleich seien. Der Zweck dieser Abänderung ist der, die Stöße des Schiebers, welche unvermeidlich aus der Anwendung des Excentricums der Fig. 7. hervorgehen, zu vermeiden. Wir sind der Meinung, daß diese Veränderungen kein anderes Resultat haben, als die Art und Weise der Wirkung des Apparates minder genau zu machen, und man kann noch von

Glück sagen, wenn sie nicht ein Zurückströmen des Dampfes am Ende des Laufes veranlassen.

Andere haben versucht, die Expansion mittelst dieser Excentricen variabel zu machen. Die Fig. 11., Taf. XII. stellt eine Vorrichtung dieser Art dar, bei welcher **A** die Triebwelle, **b** ein Getriebe zur Bewegung des Theils von dem Rade **c** dient, welches auf einem beweglichen Hebebaumen befestigt ist, der zur Veränderung des Einströmungs-Winkels α (Fig. 6., Taf. X.) dient.

§. 2. Bewegung durch Hebel oder durch Klinkhaken.

Man wendet entweder Klinkhaken mit Stangen (Taf. XIII., Fig. 8.), oder Klinkhaken mit Hunden (Taf. XIV., Fig. 1, 2, 3.) an. In beiden Fällen wird die Bewegung durch die Luftpumpenstange mitgetheilt, welche wiederkehrend auf Hebel wirkt, welche man die Vertheilungsgriffe nennt. Diese Hebel sitzen an Wellen, welchen sie eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung mittheilen, die ihrerseits in eine wiederkehrend geradlinige Bewegung der Vertheiler, mittelst Hebeln, Lenkern und Stangen umgewandelt wird.

Die Anzahl der Griffe, Hebel oder Arme, welche gleich der der Wellen ist, wechselt nach der Art der Maschinen. Wenn die Maschinen ohne Expansion sind, mögen sie nun einfach oder doppeltwirkend sein, so giebt es immer nur zwei Arme und zwei Wellen oder Achsen. Arbeiten aber die Maschinen mit Expansion, so giebt es eben so viel Arme und Wellen, als Vertheiler. Bei einfach wirkenden Maschinen giebt es daher drei Arme, und bei doppeltwirkenden vier. Dies rührt daher, daß in diesem Fall der Verschluß und das Oeffnen der verschiedenen Distributoren zu verschiedenen Momenten stattfindet, wie wir es sogleich sehen werden.

Klinkhaken nennt man die Apparate, mittelst denen gewisse Stücke in gewissen Stellungen augenblicklich aufgehängt werden. Es sind dies im Allgemeinen Haken (Taf. XIII., Fig. 10.), die sich leicht auslösen lassen, und die eine Welle zurückhalten, welche mit einem Hebel versehen ist, und auf die ein bedeutendes Gegengewicht einwirkt. Wir wollen diese Apparate speciell kennen lernen.

Klinkhaken mit Stangen.

Es sei **H** (Taf. XIII., Fig. 8.) eine gerade Stange, deren unteres Ende mittelst eines Charniers mit einem gußeisernen Fuß, der an der Sohle befestigt, verbunden ist. Dieser Fuß ist mit

einem Hebel versehen, an welchem mittelst eines Gelenks eine Stange J hängt, welche ein Gegengewicht trägt.

Es seien M, N zwei Wellen, von denen eine jede mit einem Ringe mit entgegengesetzten Haken versehen ist. Diese Welle mit Haken ist in Fig. 10. nach einem größern Maßstabe dargestellt. Gegen dieselben treten zwei Knaggen T, T', die an der Stange H befestigt sind.

Es seien E, E' die Hebel oder Arme, und J', J'' zwei Lenker mit Gegengewichten, die an den Enden der Hebel L, L' aufgehängt, welche ihrerseits an den Enden der Wellen M und N befestigt sind.

So wie es die Fig. anzeigt, werden der Arm E und der Hebel L durch die Gegengewichte genöthigt, der erstere aufwärts zu steigen, und der zweite zu fallen; sie werden aber durch den Hakenring der Welle M, welcher gegen den Knaggen T der Stange H tritt, in ihrer Stellung erhalten.

Es werde jetzt die Stange F der Luftpumpe gehoben, so stößt der Knaggen G' gegen den Arm F' und hebt ihn. Der Haken des Wellringes N entfernt unmerklich den Knaggen T', und wenn die äußersten Dicken der Haken den Entfernungen der Knaggen von dem Schwingungs-Mittelpunkt der Stange proportional sind, so lös't sich in dem Augenblick, in welchem der Haken N horizontal wird, der Haken M aus, und durch Einwirkung das Gegengewicht J'', beschreibt der Arm E einen Kreisbogen. Während dieser Zeit tritt der Haken N unter dem Knaggen T'.

Wenn man umgekehrt die Stange F der Luftpumpe niedergehen läßt, so stößt der Knaggen G gegen den aus seiner Stellung gebrachten Arm E, führt ihn in die Stellung auf der Fig. zurück und der Haken M wirkt auf den Knaggen T auf dieselbe Weise, wie bei dem vorhergehenden Hube der Haken N auf den Knaggen T' gewirkt hatte. Der Arm E fällt unter dem Einfluß des Gegengewichtes J' in die Stellung der Fig. zurück u. s. f.

Um dies System der Einwirkung auf die Vertheilung des Dampfes bei einer Dampfmaschine anzuwenden, ist es hinreichend, die Wellen mit den Distributoren in Verbindung zu setzen. Nach dem weiter oben Gesagten arbeitet die Maschine, da sie nur zwei Wellen hat, ohne Expansion.

Nehmen wir an, daß sie doppeltwirkend sei und Ventile habe.

Dem Princip nach besteht die Wirkung der Gegengewichte

in der augenblicklichen Oeffnung der Ventile, und das stufenweise Heben der Arme dient zu ihrem Verschluß.

Demnach muß, weil der Arm E niedergeht, sobald die Luftpumpenstange niedergeht, dadurch das obere Einströmen und das untere Ausströmen in und aus dem Cylinder abgeschlossen werden, indem der Knaggen G auf solche Weise angebracht ist, daß er nur dann nach G' gelangt, wenn der Dampfkolben das Ende seines Laufs erreicht hat. Wenn A und W die Lenker für die Mittheilung der Bewegung auf diese Ventile sind, so wirkt A als Lenker für das untere Ausströmungsventil; B als Lenker des obern Einströmungsventils. Man folgert daraus für die Welle N: C Lenker für das untere Einströmungsventil; D Lenker für das obere Ausströmungsventil.

Die Stellung der Ventillenker ist nicht gleichgültig; man muß den Fall vorhersehen, in welchem die Knaggen G, und G, ihre Arme zu weit führen würden. Zu dem Ende berücksichtigt man, daß sich die Lenker an dem Ende ihres Laufs befinden, wenn die Achse des Verbindungs-Charniers mit dem Hebelring der Welle in gerader Linie mit dem Mittelpunkt der Welle und Charnierachse des entgegengesetzten Endes liegt. (Man sehe die Fig.) Auf diese Weise kommt es, daß, wenn wirklich die Arme zu weit gehen, eine nochmalige Oeffnung der Ventile durch den Rückgang der Lenker stattfindet, welches nur ein augenblicklicher und leicht zu reparirender Fehler ist, während, wenn es anders wäre, das Uebergewicht der Arme auf die Ringe der Ventile zurückwirken und Brüche veranlassen würde.

Nach der Art und Weise der Einwirkung der Knaggen G und G' auf die Arme, erkennt man schon eine von den Grenzen des Laufs dieser Stücke. Die andere läßt sich auf zweierlei Weise bestimmen, nämlich: 1) indem man den Fall der Gegengewichte beschränkt; 2) indem man Ringe mit Bügeln K, K' (Fig. 8 und 12.) anwendet.

Das erstere Verfahren wird unseres Wissens gar nicht angewendet; das zweite aber, welches man stets anwendet, erfordert eine größere Grenze für den Lauf des Gegengewichts für den Fall, daß wenn einer von den Bügeln zerbrach. Statt daher die Gegengewichte an dem Ende ihrer Stange frei hängen zu lassen, versieht man sie mit einem Arm und einer Achse, um welche sie senkrechte Schwingungen macht. Diese Vorrichtung hat übrigens den Vortheil, daß sie die Querschwingungen verhindert, welche diese Stücke bei jedem Wechsel der Stellung annehmen müssen,

Schwingungen, deren Folge eine sehr baldige Zerstörung der Charniere ist.

Die Fig. 8. stellt nach einem Maßstabe von $\frac{1}{30}$, eine Bewegung der Ventile mit Einklinkung und mit einer Stange für eine doppeltwirkende Maschine ohne Expansion von 300 Pferdekräften dar.

Klinkhaken mit Hunden.

Die Fig. 9, 10 und 11 (Taf. XIII.) stellen die drei Arten von Hunden dar, mittelst denen man die Hakenringe aufhält. Ein jeder von ihnen ist mit einem Gegengewicht versehen, welches an dem untern Theil von a aufgehängt ist, und welches dazu dient, sie fortwährend in Berührung mit den Ringen zu erhalten.

Die Fig. 1, 2 und 3 (Taf. XIV.) stellen, nach einem Maßstabe von $\frac{1}{30}$ eine Ventilbewegung mit Einklinkung, durch Hunde dar, welche an einer doppeltwirkenden und mit Expansion arbeitenden Maschine von 500 Pferdekräften angebracht worden ist.

Jedes Ventil hat seine Welle und seinen Arm. Die Art und Weise der Wirkung der Hunde ist genau dieselbe, als die der Stangen; nur die Form der Expansionsarme ist anders; sie ist so, daß die Knaggen, welche sie verdrängt haben, ihren Weg bis zum Ende des Kolbenlaufs fortsetzen können.

Die schraffirten Theile A, B, C, D der Fig. 1. bezeichnen die Stellungen der Hebelringe von den Lenkern A, B, C, D der Ventile, und man hat, wie vorher:

A Lenker des untern Ausströmungsventils.
B Lenker des obern Einströmungsventils.
C Lenker des untern Einströmungsventils.
D Lenker des obern Ausströmungsventils.
E, E″ Ausströmungsarme.
E′ E‴ Arme für die Einströmung und für die Expansion.
F Luftpumpenstange.
G, G′, G″, G‴, Knaggen der Arme E, E′, E″, E‴.
H, H′, H″ Hunde.
J, J Gegengewichte.
K, K, K, K Ringe mit Bügeln zur Regulirung der Oeffnung der Ventile.

Elftes Capitel.

Moderatoren der Dampfvertheilung.

Die Moderatoren sind Apparate, welche den Zweck haben, die Kraft mit den Veränderungen bei dem mittlern Widerstande, oder gegenseitig in ein richtiges Verhältniß zu bringen.

Zu dem Ende giebt es solche, welche dahin wirken, daß sie die Widerstände vermehren, wenn die Kraft vorherrschend wird; es giebt aber auch dagegen andere, welche die Kraft nach der Größe der Arbeit, welche von dem Widerstande absorbirt worden ist, modificiren.

Die Moderatoren der Dampfmaschinen gehören zu dieser letztern Classe. Der am häufigsten angewendete, ist der Watt'sche Moderator oder Centrifugal-Regulator, welcher aus zwei Stücken besteht, nämlich: aus einem conischen Centrifugal-Pendel (Taf. XIII., Fig. 14 und 15) und aus einer Dampfklappe.

Wir entwickeln zuvörderst die Theorie, auf welche dieser Apparat begründet ist.

Es müssen bei dem conischen Pendel zwei Dinge bestimmt werden, nämlich: die Rotations-Geschwindigkeit und das Gewicht der Kugeln.

1) Rotations-Geschwindigkeit.

Es sei C (Fig. 8., Taf. X.) der Scheitel des Kegels, von welchem CD und CE die beweglichen Zeugungslinien sind.

P ist das Gewicht einer jeden von den Kugeln.

F die Centrifugalkraft, welche aus der Rotations-Geschwindigkeit der Kugeln hervorgeht.

Wegen des Gleichgewichts während der Rotation müssen P und F eine Mittelkraft R haben, die nach CE gerichtet ist, in welchem Fall man hat:

$$R = \sqrt{P^2 + F^2}$$

Die beiden ähnlichen Dreiecke CJE, und PER geben:

$$P : F = CJ : JE = l : r$$

$$\text{daher:} \quad F = \frac{P\,r}{l} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Es sei t die Dauer einer Umdrehung der Kugel, in Secunden ausgedrückt; so ist die Geschwindigkeit dieser Kugel:

$$v = \frac{2 \pi r}{t}$$

Der mechanische Ausdruck für die Centrifugalkraft ist:

$$F = \frac{m v^2}{r}$$

m ist die Masse des Gewichtes P und folglich gleich $\frac{P}{g}$; g ist die Intensität der Schwere = 9,81 M., und π ist gleich 3,1416.

Man folgert daraus die Gleichung:

$$F = \frac{P}{g\ r} \times \frac{4 \pi^2 r^2}{t^2} = \frac{P}{g} \times \frac{4 \pi^2 r}{t^2} \quad . \quad (2)$$

Vergleicht man diese beiden Gleichungen (1) und (2), so leitet man daraus ab:

$$\frac{P\ r}{t} = \frac{P}{g} \times \frac{4 \pi^2 r}{t^2}$$

Daher:

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{g} \times \frac{4 \pi^2}{t^2}$$

$$g\ t^2 = 4 \pi^2 l$$

und

$$t = 2 \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Für das gewöhnhnliche Pendel hat man:

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Man folgert daraus, daß:

Die Umdrehungszeit des conischen Pendels die doppelte von der Zeit einer einfachen Pendelsschwingung ist.

Demnach ist die Rotations-Geschwindigkeit des conischen Pendels nicht willkürlich; sie muß für die Ruhe so sein, daß die Kugeln einen Umgang machen, wenn das gewöhnliche Pendel von gleicher Länge zwei Schwingungen macht.

Man kann diese Bedingung entweder praktisch oder theoretisch bestimmen.

Praktisch dadurch, wenn man die Welle, welche die Bewegung dem conischen Pendel mittheilt, mit einer Rolle von verschiedenen Durchmessern versieht; die, bei welcher sich die Kugeln nicht von einander entfernen, sondern auf dem Punkt sind, dies während des Betriebes der Maschine zu thun, ist die zweckmäßige.

Theoretisch hat man für ein gewöhnliches Pendel, dessen

Länge l ist, verglichen mit einem Secundenpendel mit der Länge L, und indem n und N die Anzahl der Schwingungen in derselben Zeit bezeichnet:

$$n : N = \sqrt{L} : \sqrt{l}$$

Daher:
$$n = \frac{N \sqrt{L}}{\sqrt{l}}$$

Und für das conische Pendel:
$$n' = \frac{N \sqrt{L}}{2 \sqrt{l}}$$

Für das Secundenpendel hat man:

$$L = 0{,}99384 \text{ M.}$$
$$N = 60 \text{ für die Minute}$$

Man hat demnach für das conische Pendel:

$$n = \frac{60 \sqrt{0{,}99384}}{2 \sqrt{l}} = \frac{29{,}88}{\sqrt{l}}$$

Kennt man n', so erhält l und umgekehrt.

2) Gewicht der Kugeln.

Wenn v zunimmt, so nimmt F auch zu, die Kugeln gehen aus einander, r wird größer und K steigt. Es sei q der entgegengesetzte Widerstand von dem Muff, der von dem Punkt K getragen wird, und der das Klappenventil bewegen soll. Man zerlege q in zwei, q' und q'', welche die Richtung von KG und KF haben, und man transportire die Angriffspunkte dieser Kräfte nach F und nach G.

Dort können sie in zwei zerlegt werden, nämlich: für q'' eine Senkrechte, mit der Richtung von Fm, und eine andere nach FC gerichtet, welche durch den festen Punkt C aufgehoben wird; eben so für q'.

Da der Winkel mFK gleich dem Winkel qKq'', und da die gerade Linie mq parallel Fq'' ist, so ist die Figur FmqK ein Parallelogramm; demnach qK = Fm, und man hat:

$$Fm = q.$$

Zerlegen wir Fm = q in zwei andere Parallelen, nämlich:

p in D angreifend;

p' in C angreifend und aufgehoben durch den Widerstand des festen Punktes.

Man hat für p:

$$p : q = FC : FD.$$

daher: $$p = q \frac{FC}{FD}$$

p wird demnach zu P gefügt, allein dies hat durchaus keinen Einfluß auf die Masse, welche die Centrifugalkraft hervorbringt.

Die Gleichung (1) wird

$$F' = \frac{(P + p)\, r}{l}$$

und da man hat: $$F' = \frac{m.\, v'^2}{r}$$

so erhält man: $$\frac{(P + p)\, r}{l} = \frac{m\, v'^2}{r}$$

ersetzt man m durch $\frac{P}{g}$, und v'^2 durch $\frac{4\, \pi^2\, r^2}{t'^2}$, so kommt.

$$\frac{(P + p)\, r}{l} = \frac{P}{g} \times \frac{4\, \pi^2\, r^2}{t'^2} \quad . \; . \; . \quad (4)$$

daher: $$t' = \sqrt{\frac{P}{P + p}} \times 2\, \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Es soll jetzt t' fortgeschafft werden.

Nehmen wir dazu einen Punkt T, für welchen man hat TU = 1, so kommt:

$$\text{Bogen } TU = 2\, \pi$$

Wenn v'' die Geschwindigkeit dieses Punktes ist, so hat man:

$$v'' = \frac{2\, \pi}{t'}$$

und $$v''^2 = \frac{4\, \pi^2}{t'^2}$$

ersetzt man $\frac{4\, \pi^2}{t'^2}$, in der Gleichung (4) durch den Werth v''^2, so erhält man:

$$\frac{P + p}{l}\, r = \frac{P\, r}{g}\, v''^2$$

daher: $$P + p = \frac{l\, P\, v''^2}{g}$$

und $$P = \frac{p\, g}{l\, v''^2 - g}$$

v'' ist die Winkel-Geschwindigkeit.

Um v″ zu bestimmen, sei V die wirkliche Geschwindigkeit des Punktes T, und man nehme an:

$$v'' = \frac{(m + 1) V}{m}$$

wobei m eine gänzlich positive Zahl; man erlangt alsdann für den Ausdruck des Gewichts der Kugeln:

$$P = \frac{p\,g}{l\,\frac{(m + 1)}{m^2}\,.\,V^2 - g}$$

Der Werth von V wird auf die folgende Weise bestimmt:

Es sei n′ die Anzahl der Umgänge in der Minute, abgeleitet aus der Formel (4), so hat man:

$$V = \frac{2\,\pi\,n'}{60} = \frac{\pi\,n'}{30}$$

Ersetzt man nun diesen Werth in dem Ausdruck von P durch V, so erhält man endlich:

$$P = p\,\frac{g}{l\,\frac{(m + 1)^2}{m^2}\,\frac{\pi\,n'^2}{900} - g} \quad . \; . \; . \quad (5)$$

In dieser Gleichung ist alles bekannt, mit Ausnahme von P Es sei z. B.

$$l = 0{,}50 \text{ M.}$$
$$p = \tfrac{2}{3}\,9$$
$$q = 5 \text{ Kil.}$$
$$n' = \frac{29{,}88}{\sqrt{0{,}50}} = 42 \text{ Umgängen.}$$
$$g = 9{,}81$$
$$\pi = 3{,}1416$$
$$m = 10$$

es kommt:

$$P = \tfrac{2}{3} \times 5\,\frac{}{0{,}5 \times \frac{121}{100} \times \frac{(3{,}14)^2 \times (42)^2}{900} - 9{,}81} = 17{,}400 \text{ Kil.}$$

In der Praxis greift man nie zu dieser Formel, um das Gewicht von den Kugeln des conischen Pendels zu bestimmen, nicht allein, weil sie den Maschinenbauern unbekannt ist, sondern auch, weil man die Belastung des Muffs nie genau kennt. Die am Allgemeinsten angewendete Methode besteht darin, hohle Kugeln

zu nehmen, und so viel Blei hineinzugießen, bis daß die Geschwindigkeits-Beschleunigung auf den Muff wirkt.

Will man sich diesem Probiren nicht unterwerfen, und will man es vorziehen, das Gewicht der Kugeln **a priori** zu bestimmen, so erhält man ein conisches Pendel, welches bald gut, bald schlecht wirkt. Diese Ungewißheit der Resultate in diesem Falle hat Herrn Molinié veranlaßt, das gewöhnliche Pendel durch einen Moderator mit Gebläse zu ersetzen.

Dieser Apparat hat nur einen Fehler, nämlich den, zu kostbar zu sein, indem er übrigens vollkommen gut wirkt. Ob er dauerhaft sei, können wir nicht bestätigen, indem es ein lederner Blasebalg ist, den man so viel als möglich aus der Wärme entfernen muß. Das conische Pendel hat in dieser Beziehung den Vorzug, weil es sich fast gar nicht abnutzt.

Zwölftes Capitel.

Cylinder und Pumpenröhren.

Wir begreifen unter dieser Benennung eine Reihe von Stücken, welche zur Aufnahme eines sich in ihrem Innern bewegenden Kolbens cylindrisch ausgebohrt sind.

Von allen Cylindern und Kolbenröhren ist der Dampfcylinder (Taf. XIV., Fig. 4, 5 und 6.) am schwierigsten auszuführen.

Wenn die Maschinen einen Muschelschieber haben (Taf. XIV., Fig. 4 und 5.), so ist an dem Dampfcylinder sogleich eine Dampfröhre angegossen.

Wenn die Maschinen einen Schieber mit Liderung haben (Taf. XIII., Fig. 1.), oder mit Ventilen versehen sind (Taf. XIV., Fig. 6.), so sind diese Dampfleitungsröhren nicht vorhanden; allein alsdann sind es im Allgemeinen die großen Durchmesser und die bedeutenden Höhen der Dampfcylinder, welche ihre Anfertigung erschweren.

Bei den Cylindern mit Muschelschiebern ist es wesentlich, den Leitungen gleiche Durchschnitte mit denen der Oeffnungen zu geben; statt sie zu dem Ende gleich breit und gleich stark zu machen, wie diese letztern, welches sehr schwache Kerne und außerhalb zu viel Platz erfordern würde, giebt man ihnen eine geringere Breite und eine größere Stärke.

Die Leitung zum Ausströmen des Dampfes ist diejenige, welche am schwierigsten groß genug gemacht werden kann; als-

dann nimmt man etwas von der Stärke des Cylinders, welches auch sehr zweckmäßig für die übrigen Leitungen ist, und so viel als möglich läßt man den Dampf von zwei Seiten ausströmen (Fig. 5.).

Wenn der Cylinder stark genug ausgebohrt worden ist, so daß er dem Anschein nach keine Blasen mehr hat, so dreht man die äußern Scheiben der Kränze ab, welche den Boden und den Deckel aufnehmen, welche vorher ebenfalls abgedreht worden sind. Diese Einrichtung gewährt nicht allein den Vortheil, daß man, um einen dampfdichten Verschluß zu erlangen, das Blei und den Kitt weglassen kann; sondern sie erleichtert auch das Aufstellen der Maschine, indem die Cylinderachse senkrecht auf den Ebenen der Boden- und Deckelfugen steht.

Wenn die Maschinen eine gewisse Kraft haben, so wendet man häufig Mäntel an. Es sind dies gußeiserne Cylinder, von größerm Durchmesser, als die der Cylinder, welche sie schützen sollten, so daß zwischen beiden ein hinlänglicher ringförmiger Raum bleibt, so daß Dampf in demselben circuliren kann. Die Fig. 1 (Taf. XIII.) und 6 (Taf. XIV.) stellen zwei Systeme von Mänteln dar, und zwar so deutlich, daß wir sie nicht weiter zu erklären brauchen.

Man hat zwei verschiedene Methoden, um den Cylinder mittelst des in dem Mantel circulirenden Dampfes warm zu erhalten. Die bessere, welche aber nicht die allgemein angewendete ist, besteht darin, daß der Dampf sich in dem Mantel aufhält, und sich, indem er den Cylinder erwärmt, verdichtet.

Eine andere Methode (Taf. XIII., Fig. 1.) besteht darin, rings um den Cylinder den Dampf circuliren zu lassen, welcher auf den Kolben wirken soll. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß ein Theil des Dampfes, der aus dem Kessel in den Mantel gelangt, sich verdichtet, und da er nicht Zeit hat, sich abzusetzen, durch den nicht verdichteten Dampf in den Cylinder geführt wird, wo er sich auf Kosten des Dampfes, der nach ihm wirken soll, erwärmt. Dieses Verfahren ist wirklich schädlich, wird aber dennoch häufig genug angewendet.

Eine dritte Methode, die aber nicht viel angewendet worden ist, besteht darin, in dem Mantel den aus dem Cylinder ausströmenden Dampf wirken zu lassen. Es folgt daraus, daß der Dampf durch seine Ausdehnung, an Temperatur verliert, und daß man daher die entgegengesetzte Wirkung von der erlangten erreicht, d. h., daß statt sich der die Triebkraft bildende Dampf erwärmt,

er sich abkühlt, und zwar um so bedeutender, wenn die Maschine mit Condensation arbeitet.

Man hat viel über die Anwendung der Mäntel bei den Dampfmaschinen geschrieben. Bald hat man sie verdammt, bald hat man sie in Schutz genommen. Unseres Erachtens ist es sicher, daß, wenn die Mäntel durch besondern Dampf erwärmt werden, sie nothwendig zur Brennmaterial-Ersparung beitragen müssen, allein dies reicht nicht hin, und es ist zweckmäßig, zu dem Mantel mit Dampf-Circulation noch einen andern hinzuzufügen, in welchem Luft eingeschlossen ist, oder auch einen hölzernen Mantel, sei derselbe nun mit schlechten Wärmeleitern versehen, oder nicht. Diese hölzernen Bekleidungen werden bei sehr vielen Dampfmaschinen angewendet.

Dreizehntes Capitel.

Kolben.

Die Kolben sind bewegliche Obduratoren im Innern der Cylinder und Pumpenröhren. Sie bestehen aus zwei Haupttheilen, nämlich aus dem Körper und aus der Liderung. Der **Körper** ist ein Scheider, dessen Umriß fast genau denselben Durchschnitt hat, wie das Innere des Cylinders, in welchem er sich bewegt, und dessen Stärke nach dem System der Liderung, womit er versehen, verschieden ist.

Die Liderung ist eine Vorrichtung, welche im Wesentlichen elastisch und auf dem Umfange des Körpers gleichmäßig vertheilt ist, deren Druck auf die Cylinderwände, in denen sich der Kolben bewegt, hinreichend ist, um die Trennung der beiden unterbrochenen Räume ganz luftdicht zu machen.

Man unterscheidet drei Arten von Kolben, nämlich: **Dampfkolben**; — **Wasserkolben**; — **Luftkolben**.

§. 1. Dampfkolben.

Der Körper der Dampfkolben besteht stets aus Metall, gewöhnlich aus Gußeisen und ist aus zwei Stücken zusammengesetzt, aus der Büchse und aus dem Deckel.

Die **Büchse** ist eine Scheibe, welche in der Mitte mit einer Verstärkung versehen, welche hinreichend ist, um eine conische Hülse zu enthalten, welche zur Verbindung des Kolbens mit der **Kolbenstange** dient. Der Umfang dieser Scheibe hat eine solche Einrichtung, daß er die für ihn bestimmte Liderung aufzunehmen vermag.

Der Deckel ist eine andere Scheibe, welche ebenfalls eine Oeffnung in der Mitte hat, der aber mit keiner Verstärkung versehen ist; er hat den Zweck, die Liderung in ihrer Lage festzuhalten.

Die Formen und Dimensionen der Büchsen und der Deckel sind nach den Liderungen verschieden.

Hanfliderungen. In der ersten Periode der Dampfmaschinen, als man ihre Kraft nur bei niederem Druck benutzte, d. h. bei einer Temperatur, welche 122° nie überstieg, bestanden die Liderungen der Kolben aus zusammengeflochtenem Hanf (Taf. XV., Fig. 1 und 2.). In diesem Fall hatte die Büchse eine senkrechte cylindrische Wand, auf welcher die Hanfgeflechte mit einer hinreichenden Dicke gleichförmig vertheilt worden war. Darauf wurde der Deckel, der innerlich mit einem cylindrischen Rande und äußerlich mit einer Rinnleiste versehen war, aufgelegt, so daß, wenn man die Büchse verschloß, die Hanfliderung gegen den äußern Umfang gedrückt wurde, und um so wirksamer gegen den Cylinder trat.

Die Verbindung zwischen der Büchse und dem Deckel erfolgte mittelst Schrauben, welche in das Gußeisen eingelassen worden waren, und zwar traten dieselben in Leisten, welche von der Verstärkung in der Mitte nach der cylindrischen Wand liefen.

Diese Kolben, welche man noch jetzt bei vielen Maschinen findet, namentlich bei denen mit niederem Druck, wirken vollkommen gut, wenn der Cylinder gar keine Blasen hat, und wenn die Temperatur des Dampfes nicht sehr hoch ist. Im entgegengesetzten Fall muß man die Liderung oft austauschen, und alsdann ist es zweckmäßiger, zu einem andern Systeme zu greifen.

Gemischte Liderungen. Um den zerstörenden Einfluß der Blasen auf die Hanfliderung zu vermeiden, welche in jeder andern Beziehung genügte, wendete man Kolben mit einer Liderung an, die aus Hanf bestand und über welchen Ringe von Gußeisen lagen (Fig. 3 und 4.). Um in diesem Falle der Liderung eine größere Elasticität zu geben, drehte man die Reife mit einem weit bedeutendern Durchmesser ab, als der ist, den sie in ihrer eigentlichen Lage haben müssen; wenn man sie alsdann auf den vier Flächen abgedreht hat, so zerschneidet man sie in den gehörigen Längen, damit sie in den Cylinder hineinpassen, welches zwei Reife erfordert, da bei einem einzigen der Dampf zwischen den beiden anliegenden Enden hindurchströmen würde.

Man bemerkt in der Figur, daß die Bolzen, statt in das

Roheisen eingeschraubt zu sein, wie wir oben bemerkten, von schmiedeeisernen Muttern aufgenommen werden, welche in der Stärke der Büchse eingelassen sind. Diese Einrichtung ist weit zweckmäßiger, da sich das Gußeisen im Allgemeinen nicht gut zu Schraubengewinden eignet. Man bemerkt, daß in der Figur der Deckel mit einer dünnen Scheibe versehen ist, welche in einer Ebene mit den Schraubenköpfen liegt. Gewöhnlich hindert man das Losziehen der Schrauben dadurch, daß man einen kleinen eisernen Reif zwischen dieselben legt, welcher an den Kolbendeckel angeschraubt ist. Wir haben dafür mit Vortheil diese gußeiserne Scheibe angewendet, welche so gelegt werden muß, daß ihre Löcher den Schraubenköpfen entsprechen, und welche außerdem den Vortheil hat, daß sie bei jedem Kolbenzuge eine geringe Dampfmenge erspart, die in dem andern Fall verloren geht.

Diese gemischten Liderungen sind schon seit längern Jahren in Frankreich, und später auch von Stephenson bei seinen Locomotiven angewendet. Jetzt hat man sie überall durch metallene Liderungen ersetzt. Jedoch sind wir der Meinung, daß Fälle vorkommen, wo sie allen übrigen vorgezogen werden dürften, sei der Druck, unter welcher die Maschine arbeitet, auch welcher er wolle; es ist dies nämlich dann, wenn die Maschinen an Orten vorhanden sind, wo es an Mechanikern fehlt, denn die Reparatur der Kolben mit Metallliderung ist zuweilen sehr schwierig.

Metallliderungen Es giebt sehr viel verschiedene Metallliderungen für die Dampfkolben, unter denen sehr gute und sehr mittelmäßige sind, welche aber alle etwas zu wünschen übrig lassen.

Die Fig. 5 und 6. stellen einen Kolben mit Metallliderung dar; dieselbe besteht aus zwei über einander liegenden Ringen, von denen ein jeder aus 4 gleichen Segmenten zusammengesetzt ist, welche im Innern gegen Springfedern drücken, von denen sie durch geschnittene Kreise getrennt sind, welche den Druck gleichförmig vertheilen.

Diese Art der Liderung, welche sehr häufig angewendet wird, hat das Nachtheilige, daß sie sehr leicht beschmutzt wird, wodurch die Wirkung der Springfedern unmerklich zerstört und eine sehr häufige Auswechslung dieser Stücke erfordert wird. Wir müssen jedoch bemerken, daß die Anwendung der innern Kreisstücke sie etwas gegen diese Beschmutzung schützt.

Die Fig. 1 und 2 (Taf. XVI.) stellen eine ähnliche Einrichtung des Kolbens dar, bei welchem die innern Zirkelstücke durch

kleine Cylinder ersetzt worden sind; dieselben sind etwas conisch und wirken direct auf die Fugenflächen der Segmente. Diese ohne Widerrede weit kostbarere Einrichtung als die vorhergehende, gestattet aber den Federn eine weit directere Einwirkung auf die Segmente, verhindert aber nicht wesentlich die Bildung des Schmutzes, welcher von dem durch die Fugen dringenden und trocknenden Oele herrührt.

Die Fig. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (Taf. XVI.) stellen die Details eines Kolbens mit Keilen vor, dessen hauptsächlichster Vorzug darin besteht, daß nie ein Spielraum zwischen den Fugen der Segmente bleibt. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß das Eindringen des Oels viel schwieriger, als bei den vorhergehenden Kolben ist; und da außerdem die convexe Oberfläche der Liderungen ohne Unterbrechung ist, so sind zwei Reihen über einander liegender Ringe überflüssig; man wendet daher immer nur eine einzige an.

Der diesem Kolben zu machende Vorwurf besteht darin, daß er nur schwierig zusammenzusetzen ist, indem eine vollkommene Gleichheit zwischen dem innern Cylinderdurchmesser und dem äußern der Liderung stattfinden muß, damit die Dinge, wie wir bemerkt haben, vor sich gehen. Außerdemwerden durch die Keile die inneren Cylinderoberflächen häufig geritzt, welches ein großer Nachtheil ist, weil alsdann nicht allein der Kolben, sondern auch der Cylinder ausgewechselt werden muß, welches eine langwierige und kostbare Operation ist.

Die Fig. 7 und 8. (Taf. XV.) zeigen ein sehr sinnreiches System von Keil-Kolben, welches sehr häufig angewendet wird, aber nicht den Nachtheil hat, den Cylinder zu ritzen. Man muß aber alsdann zwei über einander liegende Liderungen haben, von denen eine jede mit einer Feder versehen und aus zwei concentrischen Ringen mit Keilen zusammengesetzt ist. Diese Ringe haben von der Mitte bis zu den Keilen zunehmende Stärken und wirken die eine auf die andere.

Diese Liderung gewährt vor allen vorhergehenden den Vortheil, nur zwei äußere senkrechte Spalten zu haben, welche in dem vorhergehenden Fall durch die Keile hermetisch verschlossen sind. Es ist dies ohne Zweifel eine der besten Arten von Liderungen.

Die Fig. 9 und 10. (Taf. XIII.) stellen eine Liderung dar, die aus zwei elastischen und concentrischen Ringen besteht, die zu gleicher Zeit als Segmente und als Federn wirken. Wir kennen die Anwendung dieses Systemes nicht, sind aber der Meinung,

daß wenn man nicht die Beschmutzung durch das Oel befürchtet, sie andererseits nicht gehörig dicht sein können.

Die Fig. 11 und 12. stellen einen Kolben mit ringförmiger Liderung dar, der aus zwei doppelten Reihen über einander liegender Segmente besteht, und deren Federn, statt Springfedern zu sein, aus krummen Blättern, ähnlich den Wagenfedern, bestehen. Diese Liderung, welche besonders bei Kolben von großen Durchmessern angewendet wird, ist nicht unzweckmäßig und kann mit Vortheil den Einrichtungen an die Seite gestellt werden, welche die Fig. 7 und 8. zeigen, welche aber in diesem Fall zu schwer und unzulänglich sein würde.

Die Fig. 11 und 12. (Taf. XVI.), stellen den von Sharp und Roberts für die Locomotiven angewendeten Kolben dar.

Die Fig. 13 und 14. zeigen den Kolben, den Stephenson bei seinen Locomotiven anwendet.

Die Fig. 15 und 16. stellen den Kolben dar, welchen Pauwels bei rotirenden Maschinen unter 30 Pferdekräften anwendet.

Es giebt noch sehr viele andere mehr oder weniger sinnreiche Einrichtungen, welche aber im Allgemeinen wenig von den beschriebenen verschieden sind.

§. 2. Wasserkolben.

Es giebt zweierlei Arten von Wasserkolben, nämlich massive und mit Klappen versehene.

Die massiven Kolben zerfallen ihrerseits wieder in zwei Arten, nämlich in solche ohne und in solche mit Liderung.

Die massiven Kolben ohne Liderung, welche man auch Taucher oder Mönche nennt, sind Cylinder, die entweder massiv und mit ihrer Stange durch eine gerade Hülse, oder durch ein Charnier verbunden sind, oder sie sind hohl und mit ihrer Stange ebenfalls durch ein Charnier verbunden (Taf. XVI., Fig. 17.), die sich in einer so eingerichteten Stopfbüchse bewegt, daß die Verbindung zwischen dem Innern des Pumpenkörpers und der äußern Luft unterbrochen wird.

Die massiven Kolben mit Liderung bestehen nur aus einer gußeisernen oder hölzernen Scheibe von einer gewissen Dicke, deren convexe Oberfläche eine Kehle oder Vertiefung zur Aufnahme einer Hanfliderung hat. Diese Scheibe ist ihrer Achse nach mit einem cylindrischen oder conischen Loch versehen, welches den Zweck hat, den Kopf eines Charniers zur Verbindung mit der Stange oder die Stange selbst aufzunehmen, je nachdem es der Fall erfordert.

Die Klappen-Kolben werden auf sehr verschiedenartige Weise construirt, je nach der Wichtigkeit der Pumpe, bei welcher sie angewendet werden soll.

Bei Pumpen, deren Durchmesser nicht mehr als 20 Centimeter (8 Zoll) beträgt, wendet man die in Fig. 18, 19 und 20 (Taf. XV.) dargestellte Einrichtung an, bei welcher der Körper aus Gußeisen, die Liderung aus umgestülptem Leder, welches durch eine ringförmige Schraube angezogen ist, und die Klappe aus Leder und Blech besteht, welche durch Schrauben mit einander verbunden sind. Man wendet auch die in den Fig. 21, 22, 23, 24. (Taf. XV.) dargestellte Einrichtung an, bei welcher Körper und Klappenventile aus Metall, und die Liderung aus Hanf besteht.

Endlich gebraucht man in den gemeinschaftlichen Pumpen die Einrichtung der Fig. 25, 26, 27, 28. (Taf. XV.), bei welcher der Körper von Holz, die Liderung von Leder, und das Klappenventil aus Leder und Blei bestehen.

Wenn der Durchmesser 20 Centimeter übersteigt, so wendet man zuweilen die in den Fig. 19, 20, 21, 22, 23 (Taf. XVI.) im Detail dargestellte Einrichtung an, bei welcher der Körper aus Metall, die Liderung aus zerschnittenem Leder, und die Ventile aus Leder und Blech, welche zusammengeschraubt worden sind, bestehen.

Bei den Luftpumpen der Dampfmaschinen benutzt man die Einrichtung, welche in den Fig. 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31. (Taf. XVI.) im Detail dargestellt worden ist, bei welcher der Körper und die Ventile aus Metall, und die Liderung aus Hanf besteht.

§. 3. Luft- oder Gebläse-Kolben.

Die Fig. 13, 14, 15, 16, 17. (Taf. XV.) stellen die Details eines Kolbensystems dar, welches sehr häufig bei Gebläsecylindern angewendet wird. Es besteht dabei der Körper aus Gußeisen und die Liderung aus Leder, welche (Fig. 15.) durch hölzerne Segmente und Schraubenbolzen in ihrer Stellung erhalten wird.

Die Bolzen gehen durch den ganzen Kolben und dienen zur Befestigung beider Liderungen. Statt sie aus Kopf und Schraubenmuttern bestehen zu lassen, wie es gewöhnlich der Fall ist, giebt man ihnen zwei Muttern, und versieht sie in ihrer Mitte (Fig. 16 und 17.) mit einer kleinen viereckigen Verstärkung, so daß sich der Bolzen in dem Körper nicht drehen kann (siehe a Fig. 14.). Auf diese Weise erfolgt das Zusammenschrauben von beiden Seiten, und wenn die eine Mutter sich losgezogen hat, so bleibt immer noch die andere fest, und hält ihren Theil der Liderung an ihrem

Platz, welches bei gewöhnlichen Schraubenbolzen nicht der Fall sein würde.

Die Fig. 32. (Taf. XVI.) stellt die Einrichtung eines aus Holz und Leder bestehenden Kolbens dar, welches wir für das atmosphärische Eisenbahnsystem vorgeschlagen haben. Dieser Kolben besteht aus einer Reihe von hölzernen Scheiben, von einem etwas geringern Durchschnitt als der der Röhre ist, und diese sind von einander durch Bänder von Leder getrennt, welche nach Außen zu etwas gestülpt sind. Das Ganze ist durch ein oder zwei Schraubenbolzen verbunden. Es ist diese Einrichtung einfach, leicht und wohlfeil.

Bei Maschinen, die in der Triebröhre eine Luftleere hervorbringen sollen, sind massive Kolben mit Hanfliderung zweckmäßiger, als die Kolben mit Lederliderung, da die Cylinder in Folge der großen Geschwindigkeit, die man den Kolben zuweilen giebt, heiß werden.

Herr Cavé wendet bei seinen Gebläsen einen sehr sinnreich eingerichteten Kolben an, wodurch die Lederliderung unnöthig wird, der vollkommen luftdicht ist, keine Reibung hat, sich nicht erhitzt und keine Unterhaltungskosten veranlaßt.

Dieser Kolben (Fig. 9., Taf X.) besteht aus einem hohlen gußeisernen Kranze, der einen etwa 2 oder 3 Millimeter geringern Durchmesser hat, als der Cylinder und dessen äußere Oberfläche ringförmige und quadratische Vertiefungen **a**, **b**, **c**, **d**, in möglichst großer Anzahl hat.

Wenn nun ein auf diese Weise eingerichteter Kolben z. B. in die Höhe geht, und die über ihm befindliche Luft zusammenpreßt, so dringt diese Luft zum Theil zwischen die Cylinderwand und die äußere Wand des Kolbens. Nach **a** gelangt, dehnt sie sich gänzlich aus, indem sie die darin enthaltene zusammendrückt, und alsdann verliert sie einestheils einen Theil von der Kraft, wodurch sie eingedrungen ist, welches ihre Bewegung verzögert, und setzt auf der andern Seite derjenigen, welche ihr zu folgen sucht, einen gewissen Widerstand entgegen.

Es folgt daraus, daß die in die Rinne **a** eingedrungene Luft nach einander auf die Rinnen **b**, **c**, **d** mit einer Kraft zurückwirkt, welche unaufhörlich abnimmt, und die bei einer hinreichenden Anzahl von Rinnen 0 werden kann. Theoretisch genommen muß daher die Anzahl der Rinnen im Verhältniß zu dem Druck stehen.

Herr Cavé hat diesen Kolben bei sehr vielen Gebläse-Cylindern angewendet, und namentlich auch bei einem von 3 Meter

Durchmesser; er hat mit dieser Einrichtung sorgfältige Versuche angestellt, und die erlangten Resultate stimmen in allen Punkten mit der Theorie überein. Eine wesentliche Bedingung für die Anwendung dieses Kolbens ist eine vollkommene Rundung des Cylinders: eine Bedingung, welche man jetzt mit den senkrechten Bohrmaschinen leicht erreichen kann.

Jedenfalls sind diese Kolben auch bei den atmosphärischen Eisenbahnen sehr zweckmäßig, und wenn sie bei denselben bis jetzt noch nicht angewendet worden sind, so wird es höchst wahrscheinlich geschehen, sobald diese Kolben nur erst näher bekannt werden.

Ende des ersten Theils.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Materialien, welche hauptsächlich bei der Anfertigung der Maschinentheile angewendet werden. Steine, gebrannter Thon, Glas, Metalle, Holz, Faserstoffe, flüchtige Oele, Leder, Talg, fette Oele . . . . Seite 1

Erstes Capitel. Chemische, physikalische und ökonomische Eigenschaften der Metalle, Metallgemische oder Legirungen, welche bei dem Maschinenbau angewendet werden 3

Eisen: §. 1. Allgemeine Eigenschaften. §. 2. Besondere Eigenschaften. §. 3. Verschiedene Eigenschaften des in dem Handel vorhandenen Eisens. §. 4. Statistik des Eisens. §. 5. Verbindung des Eisens mit der Kohle. — Erste Classe: Stahl. Bereitung der verschiedenen Stahlarten. 1. Cementstahl. 2. Schmelzstahl. 3. Wilder Stahl. 4. Gußstahl. 5. Wootz-Stahl. — Zweite Classe. Roheisen . 4

Kupfer: §. 1. Allgemeine Eigenschaften. §. 2. Beschaffenheit des im Handel vorkommenden Kupfers 23

Zink. Zinn. Blei. Legirungen des Kupfers. §. 1. Kupfer und Kalium. §. 2. Kupfer und Zink. Messing. §. 3. Kupfer und Zinn. Bronze. §. 4. Kupfer, Nickel und Zink. Argentan 27

Verschiedene untergeordnete Verbindungen und Legirungen, welche beim Maschinenbau angewendet werden. §. 1. Gußeisenkitt. §. 2. Bleikitt. §. 3. Leichtflüssige Metallgemische . . . 37

Zweites Capitel. Festigkeit der beim Maschinenbau angewendeten Materialien. — Widerstand gegen das Zerreißen, die Biegung, Torsion und Zerdrückung 39

Zweite Abtheilung.

Zusammensetzung der Dampfmaschinen. Erstes Buch. Zusammensetzung der Dampfmaschinenstücke 47

Erster Artikel. Allgemeine Maschinenstücke 48

Erstes Capitel. Allgemeine Charaktere der Maschinen. Verbindungen. §. 1. Verbindungen der festen Stücke unter einander. Längenverbindungen. Winkelverbindungen. §. 2. Verbindungen eines festen mit einem beweglichen Stück. §. 3. Verbindung der festen Stücke unter einander . . Seite 48
Verwandlung der Bewegungen. §. 1. Verwandlungen der continuirlich geradlinigten Bewegung. §. 2. Verwandlungen der wiederkehrend geradlinigten Bewegung. §. 3. Verwandlungen der continuirlich kreisförmigen Bewegung. §. 4. Verwandlungen der wiederkehrend kreisförmigen Bewegung . . 53
Zweites Capitel. Classification der allgemeinen Maschinenstücke. Platte Theile der Maschinenstücke. Runde Theile der Maschinenstücke 57
Drittes Capitel. Allgemeine Verbindungsstücke. Niete. Schraubenbolzen. Verhältnißmäßige Dimensionen. Hülsen oder Kappen. Stopfbüchsen. Naben, Keile und Schlüsselkeile. Charniere, Gelenke oder Gewinde: 1. Gelenke mit Bolzen. 2. Gelenke mit Zapfen oder Achsen Zapfenlager. 1. Zapfenlager für horizontale Wellen. 2. Fußlager für senkrechte Wellen. Muffen 61
Viertes Capitel. Allgemeine Stücke zur Verwandlung der Bewegung. Stangen. Leitungen. Parallelogramme. Hebel: 1. Gewöhnliche Hebel. 2. Balanciers. 3. Kurbeln. — Lenker, Kurbelstangen. Wellen und Achsen. Gebrochene oder gekröpfte Wellen. Excentrische Scheiben. Schnur-, Riem- und Kettenscheiben. — Zahnräder. §. 1. Stirnräder. Theorie der nach einer Kreisevolvente construirten Radzähne. Dimensionen der Zähne. Anzahl der Zähne. Zahnstangen. §. 2. Winkelräder. Dimensionen der Kränze und Arme der Stirn- und Winkelräder. Verschiedene Systeme der Zahnräder. 85
Zweiter Artikel. Specielle Stücke der Dampfmaschinen . 134
Fünftes Capitel. Roststäbe, Ofenthüren und Register. §. 1. Roststäbe. §. 2. Feuerthüren. §. 3. Register 136
Sechstes Capitel. Röhren. Röhren mit Kränzen. Röhren mit Muffen. Stärke der Röhren. Zerlegung der Röhren in Reihen 138
Siebentes Capitel. Verschlüsse oder Obdaratoren: §. 1. Hähne. §. 2. Ventile §. 3. Klappenventile 144
Achtes Capitel. Sicherheitsapparate. §. 1. Sicherheitsventile. §. 2. Manometer. §. 3. Wasserstandszeiger. §. 4. Allarmschwimmer 147

Neuntes Capitel. Vertheiler oder Distributoren. §. 1. Muschelschieber. Schieber für die Dampfmaschinen ohne Expansion. Expansionsschieber. §. 2. Schieber mit Liderung. §. 3. Ventile . . . . Seite 159

Zehntes Capitel. Bewegung der Distributoren. §. 1. Bewegung durch excentrische Scheiben. §. 2. Bewegung durch Hebel oder Klinkhaken 172

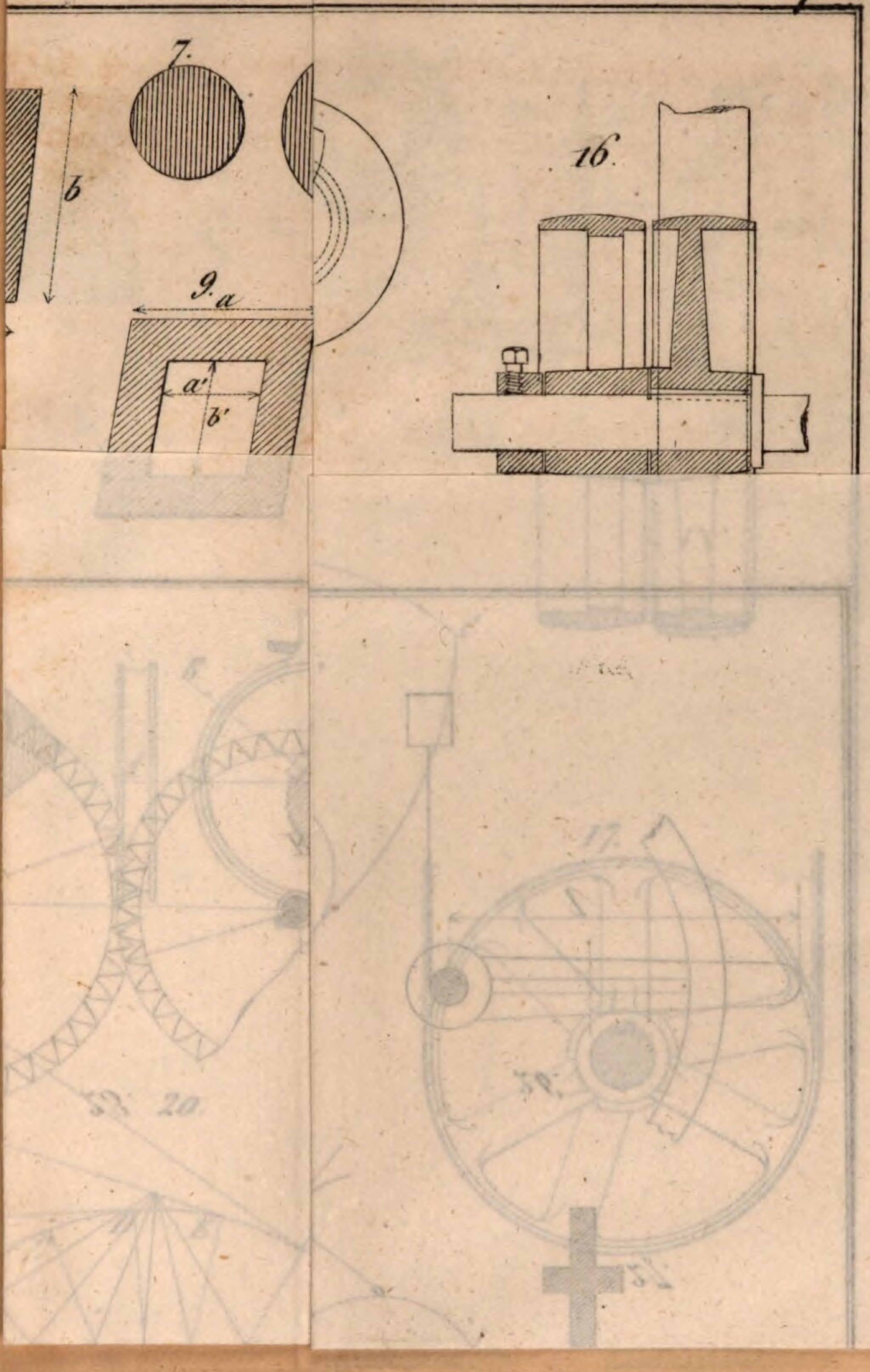
Elftes Capitel. Moderatoren der Dampfvertheilung. Centrifugal-Regulator 183

Zwölftes Capitel. Cylinder und Pumpenröhren . . . 188

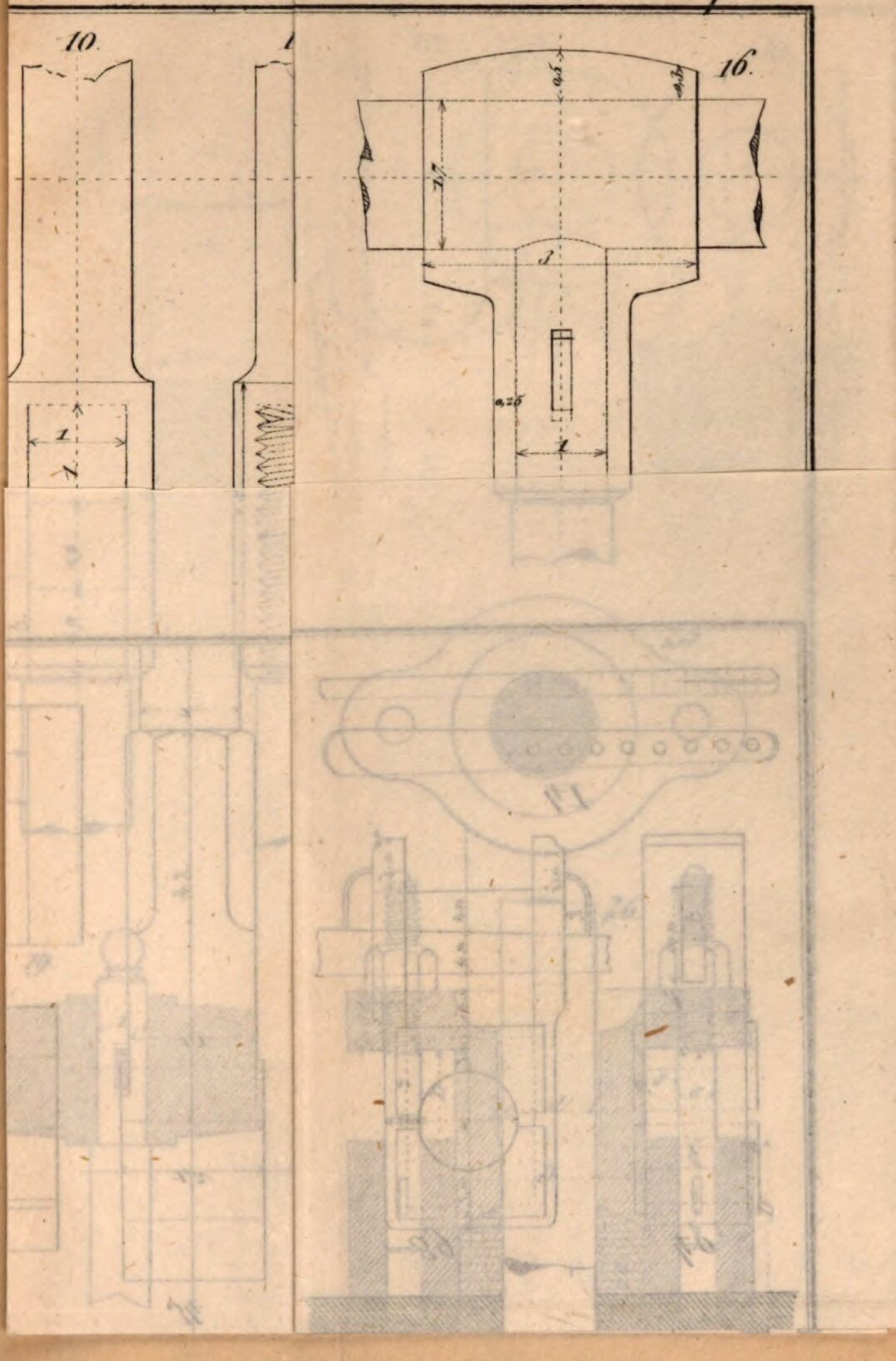
Dreizehntes Capitel. Kolben. §. 1. Dampfkolben. §. 2. Wasserkolben. §. 3. Luft- und Gebläse-Kolben 190

Bayerische Staatsbibliothek München

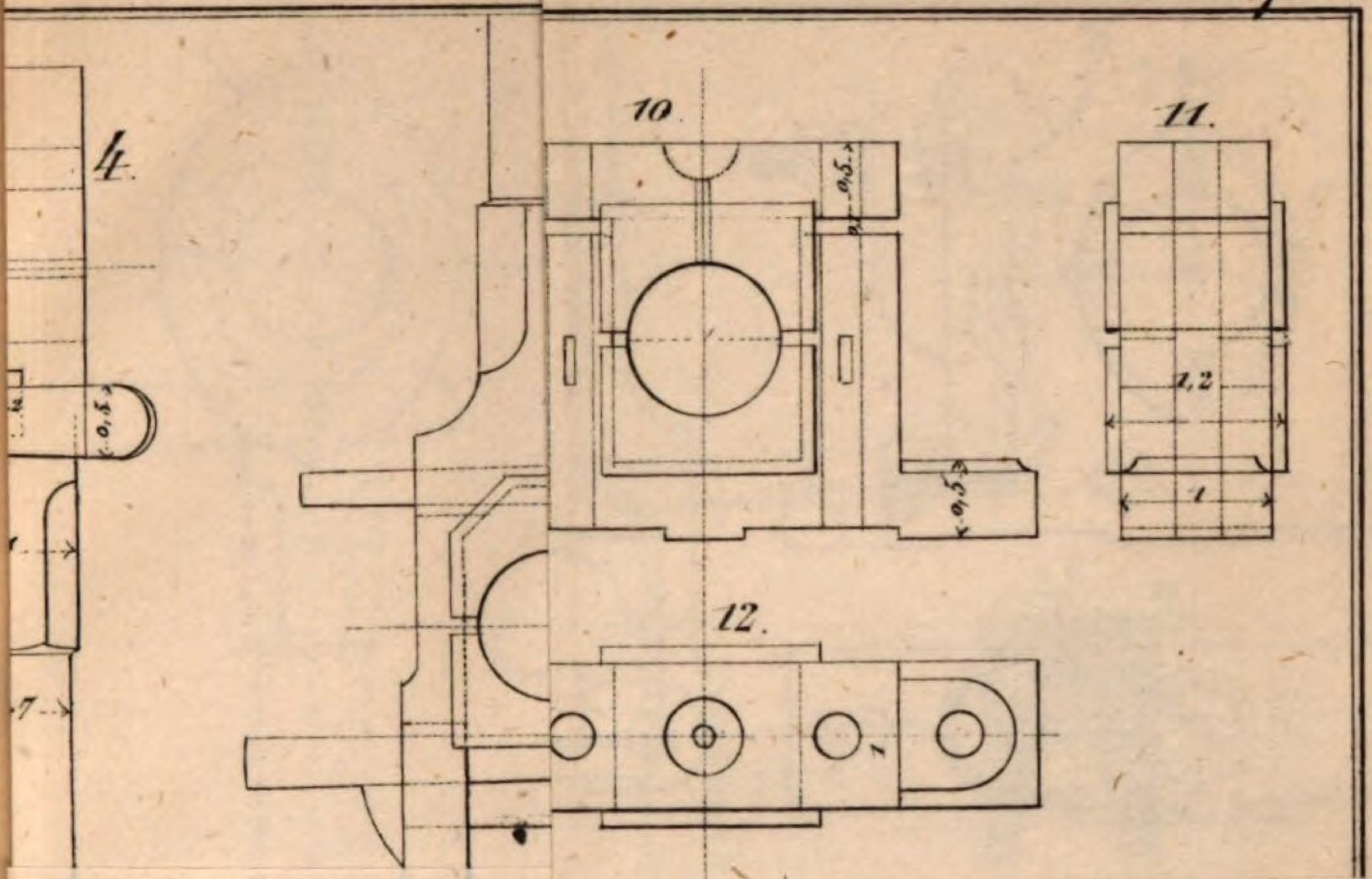
Taf. I.



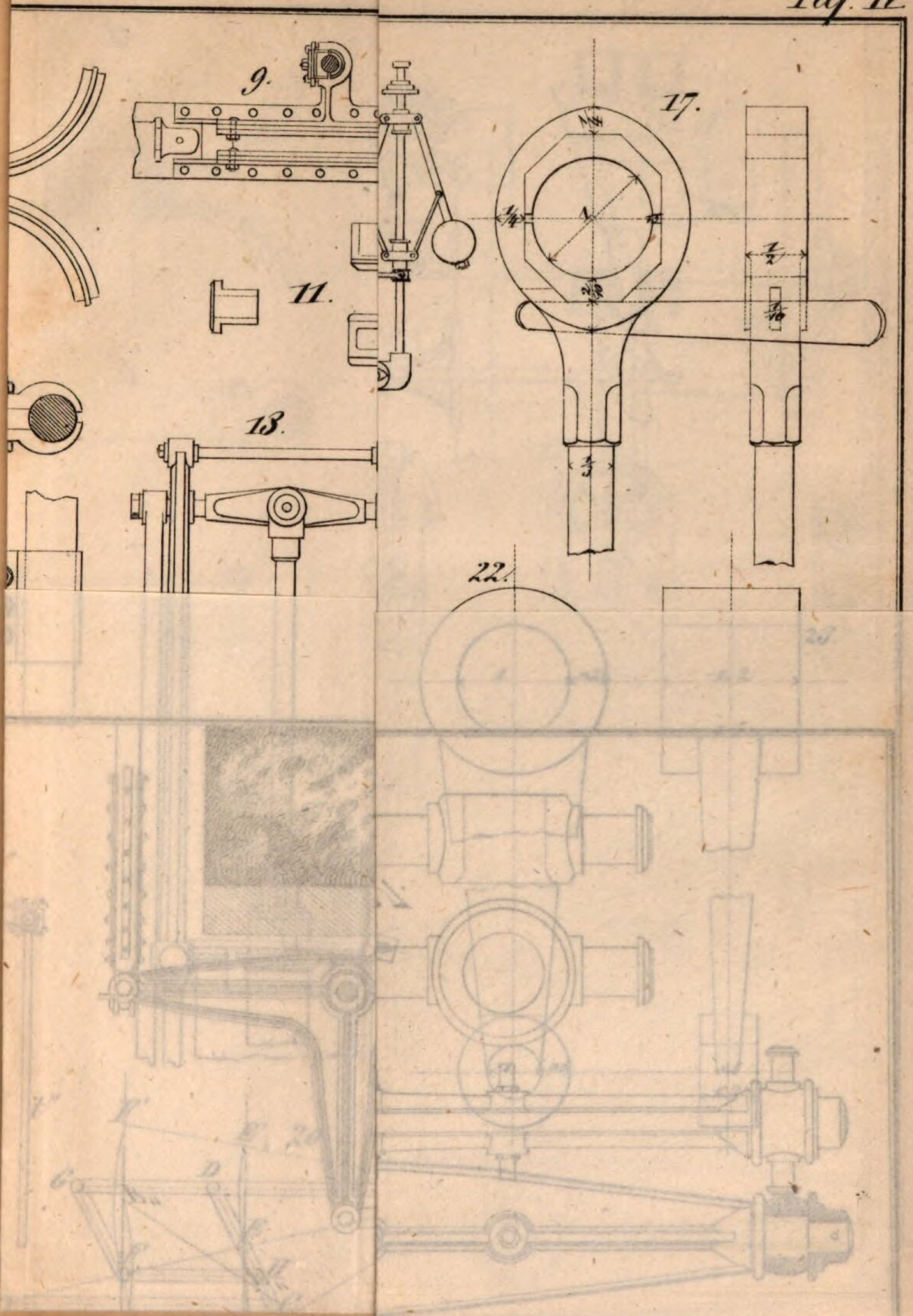
Taf. II.



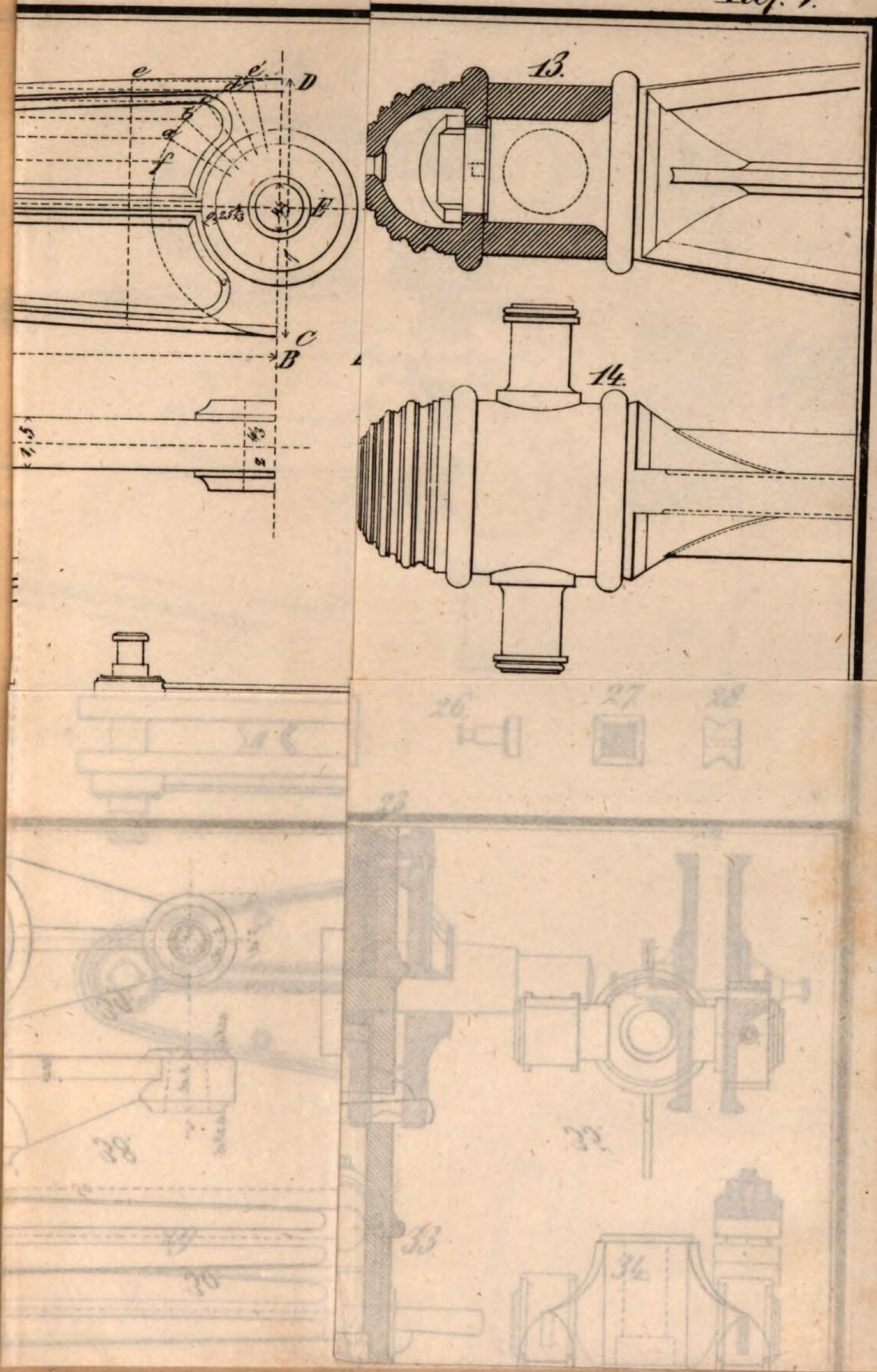
Taf. III.



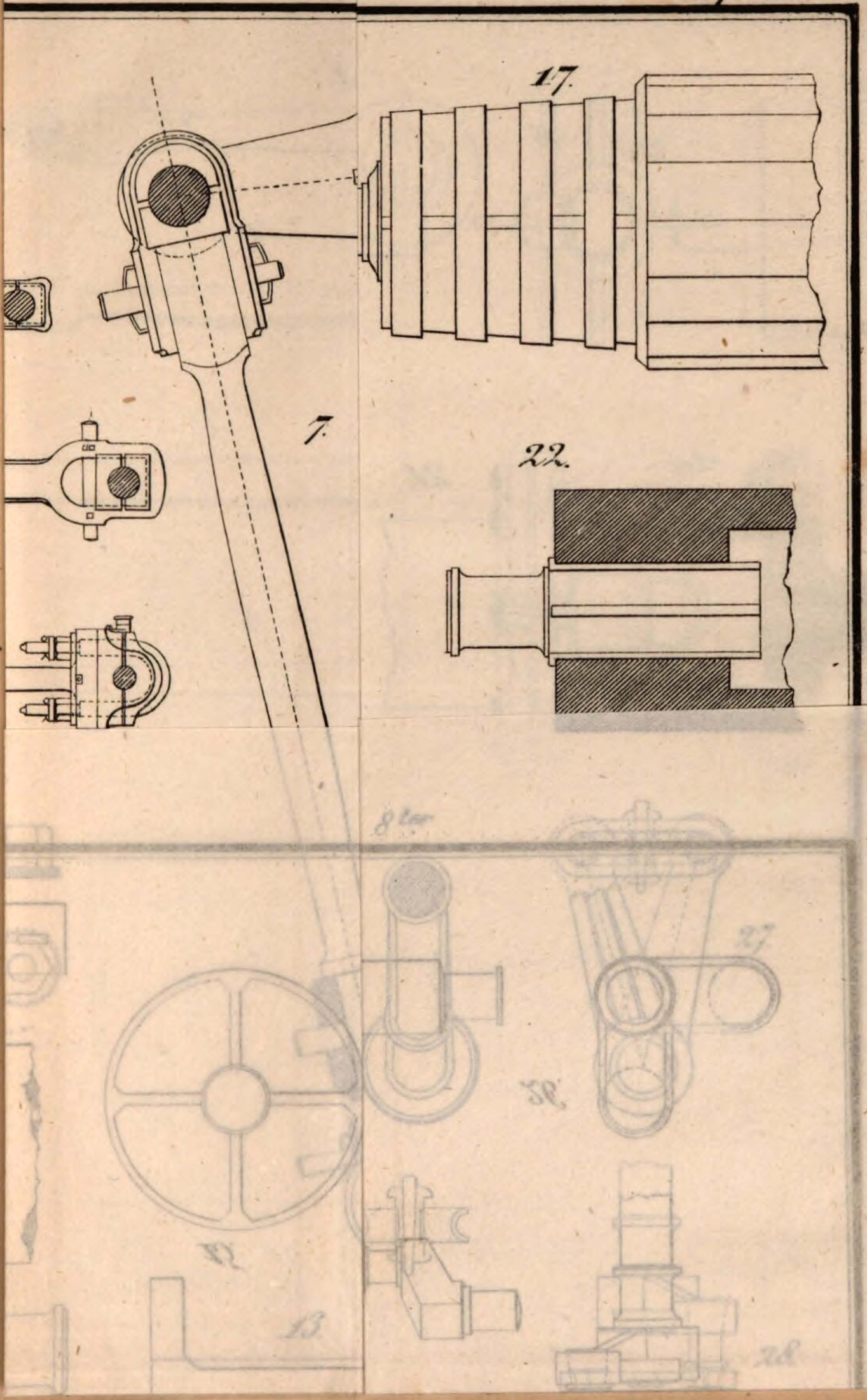
Taf. IV

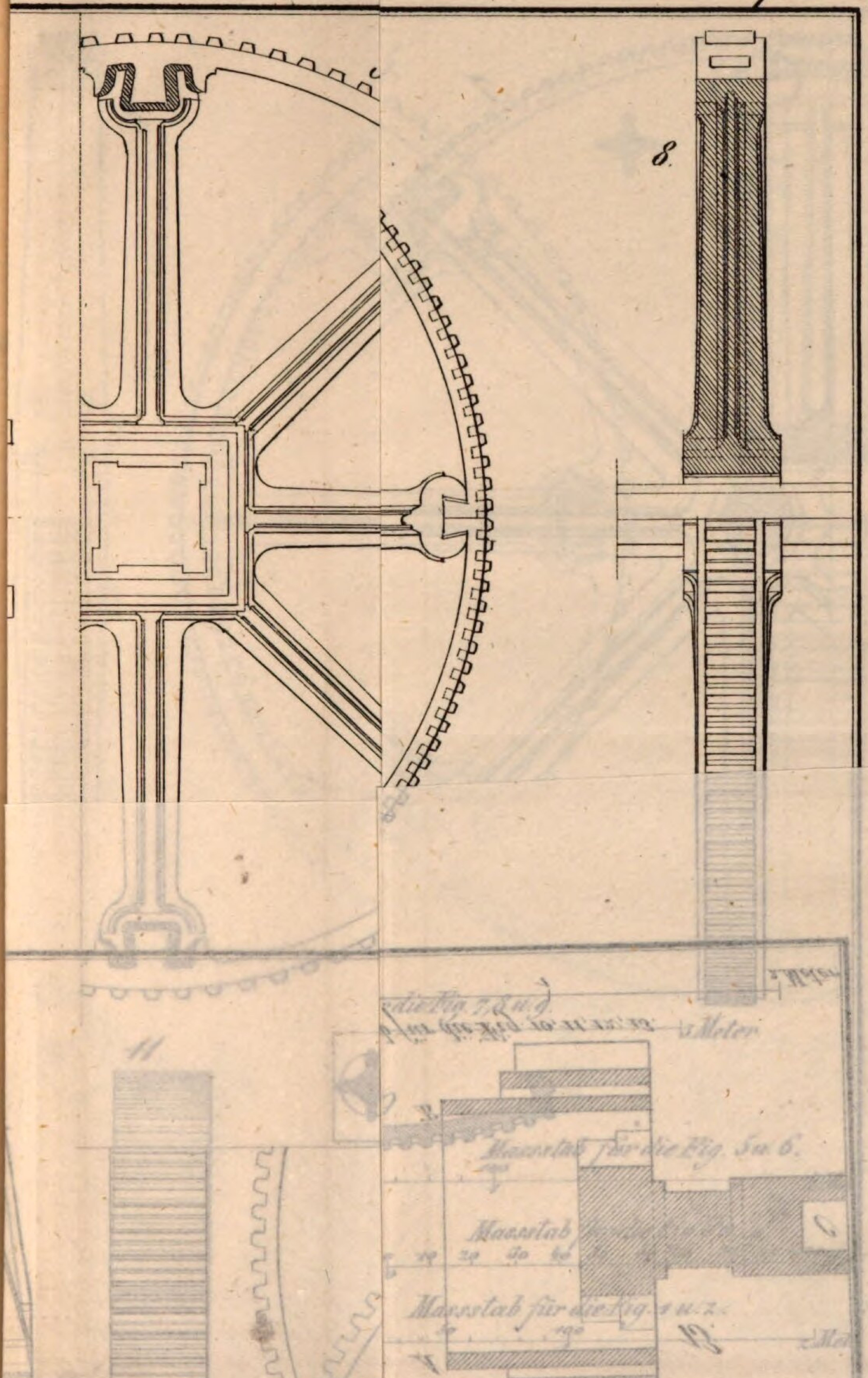


Taf. V.



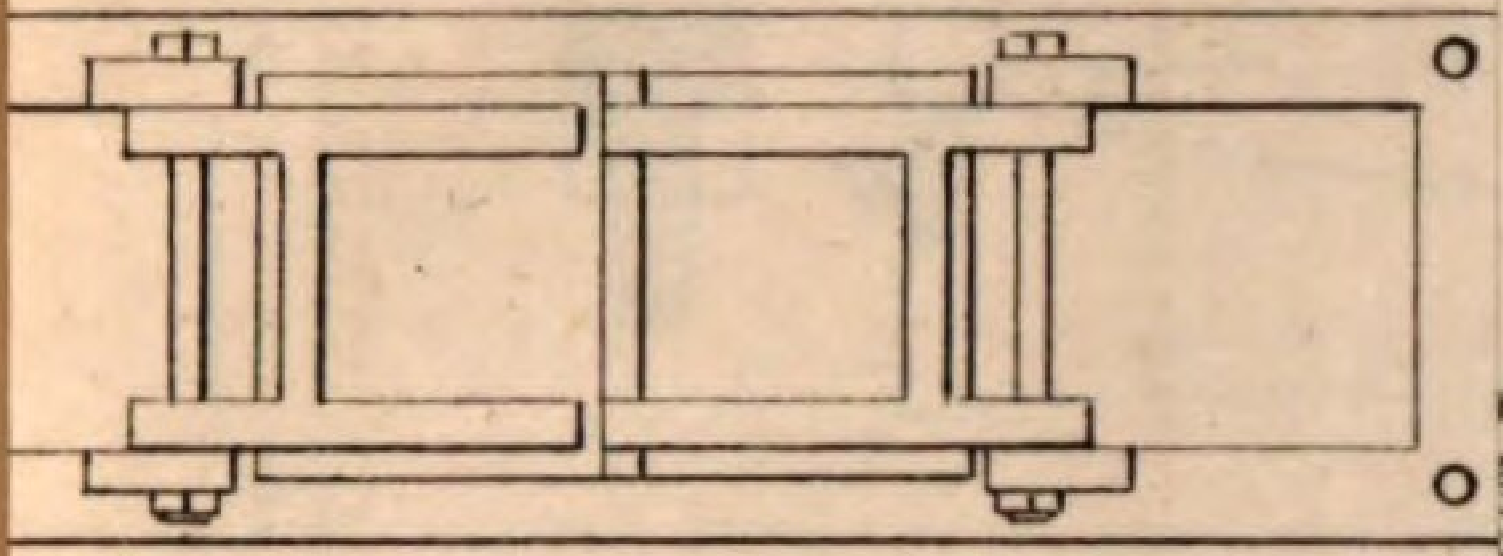
Taf. VI.



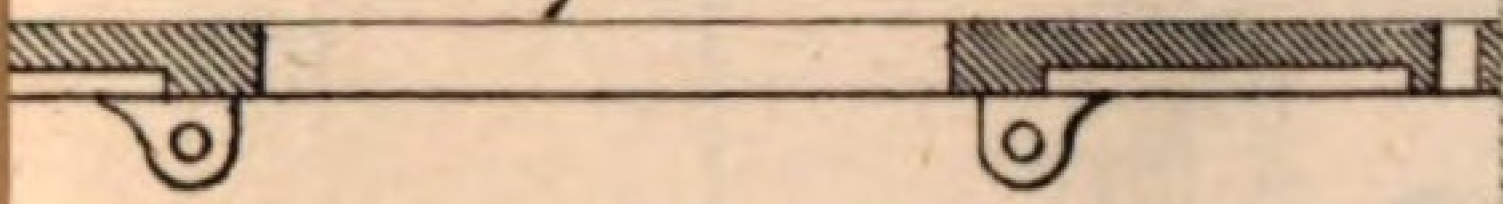

8.
11
Masstab für die Fig. 5 u. 6.
Masstab für die Fig. 1 u. 2.

Taf. VIII.

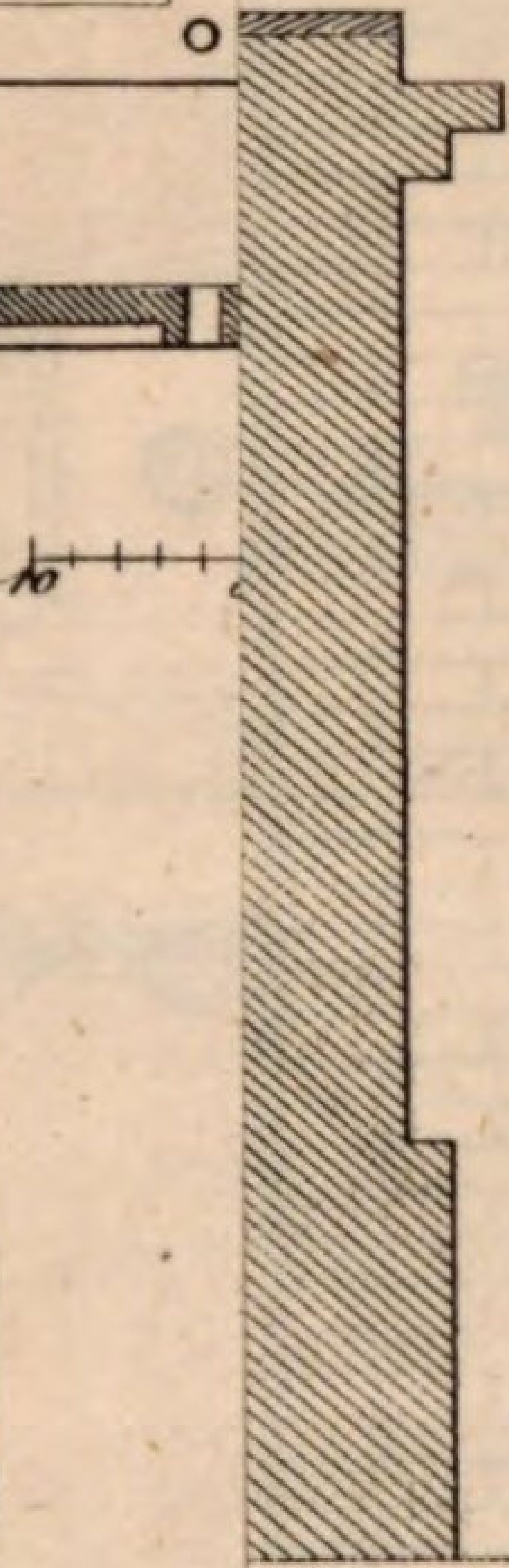
6.



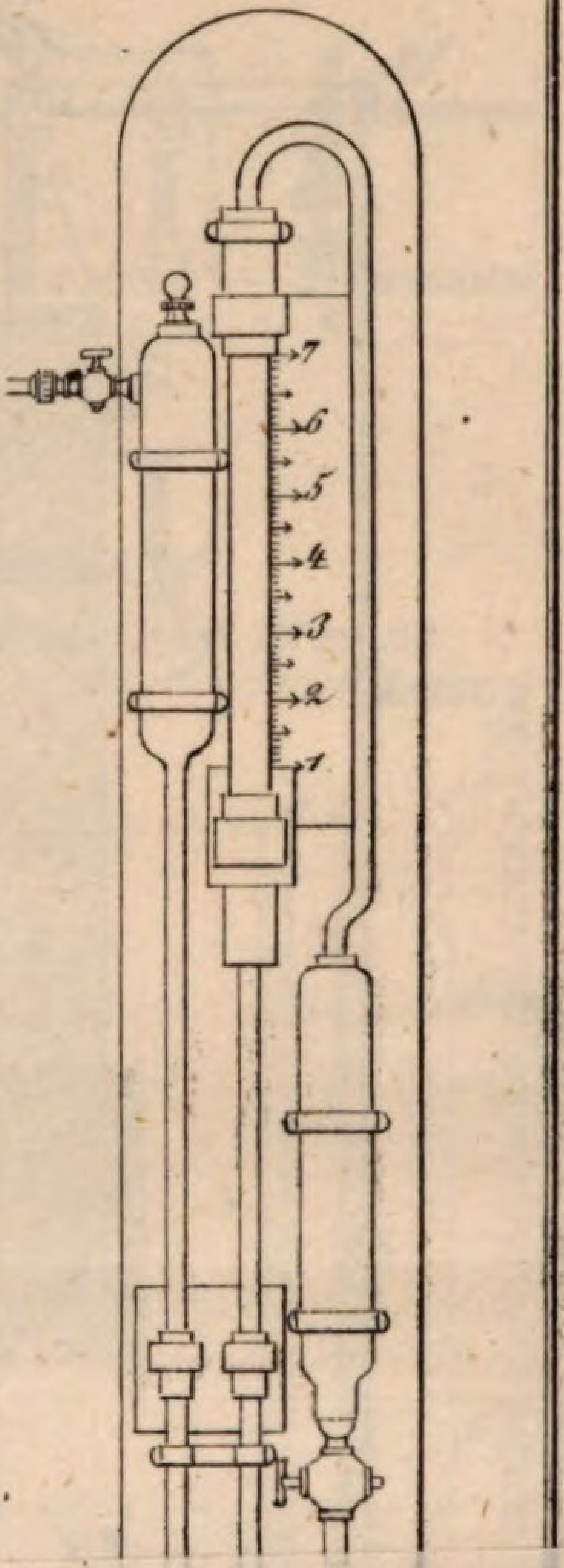
7.



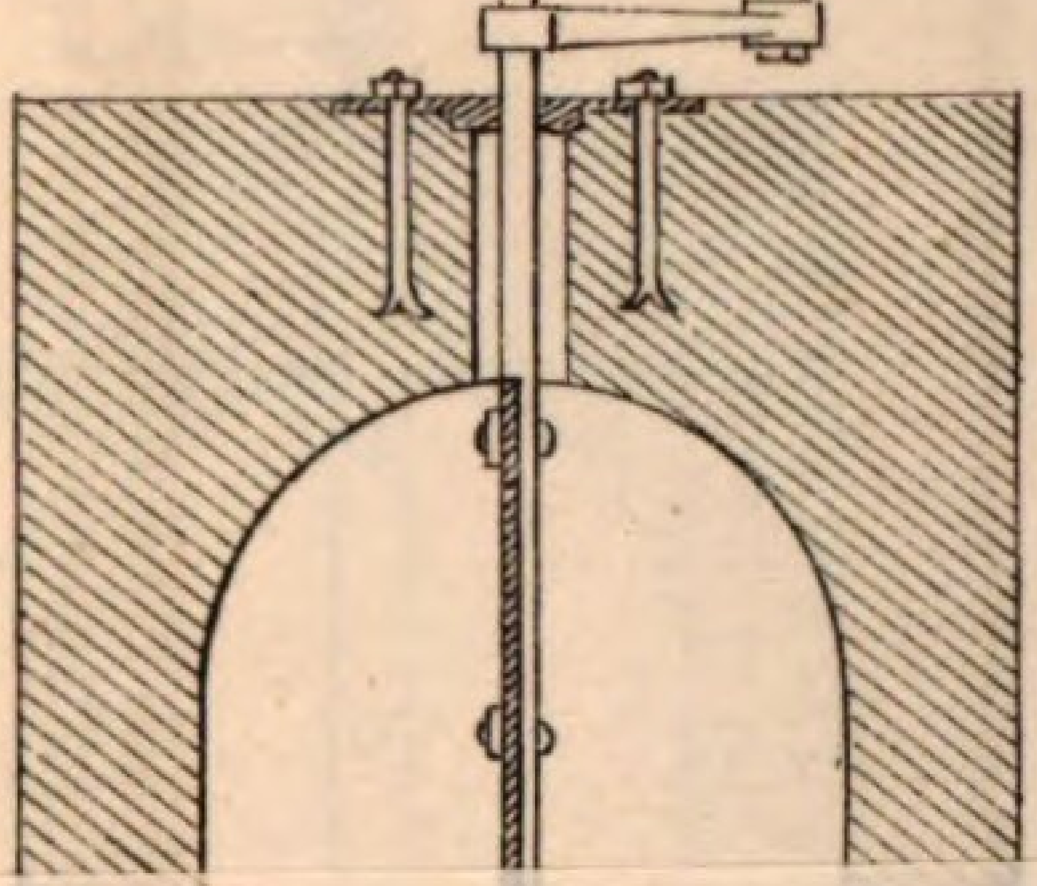
8.



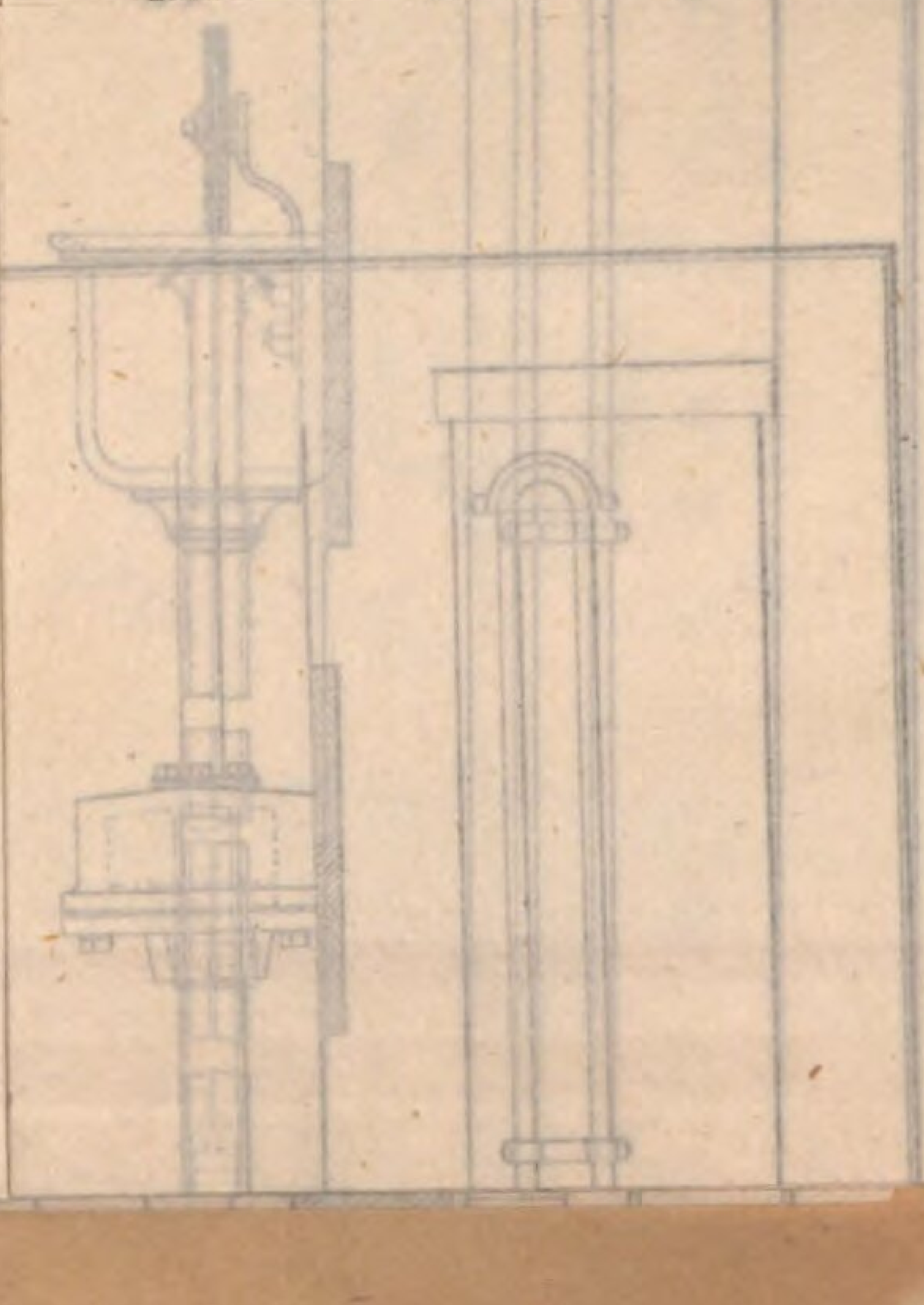
26.

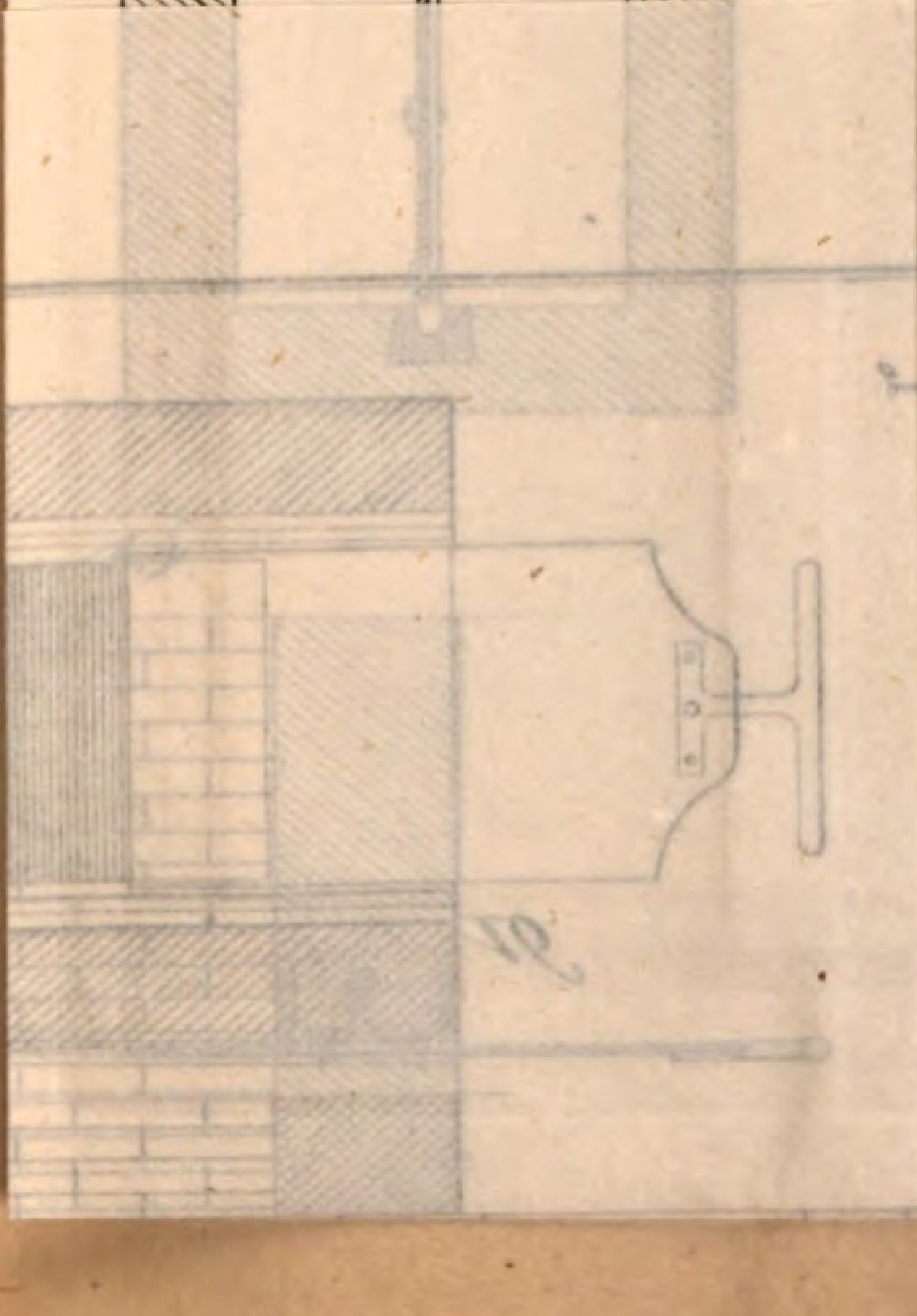


18.

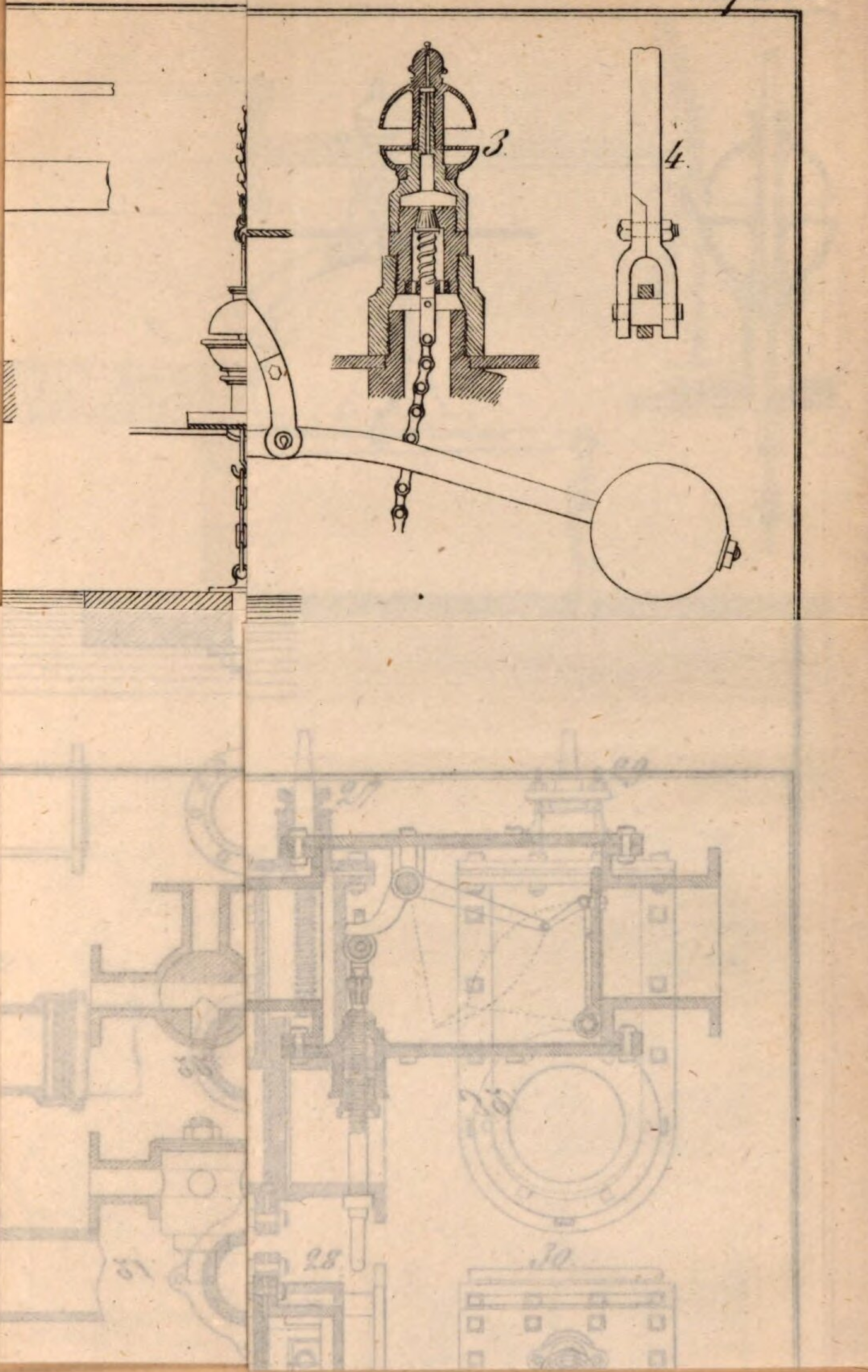


24



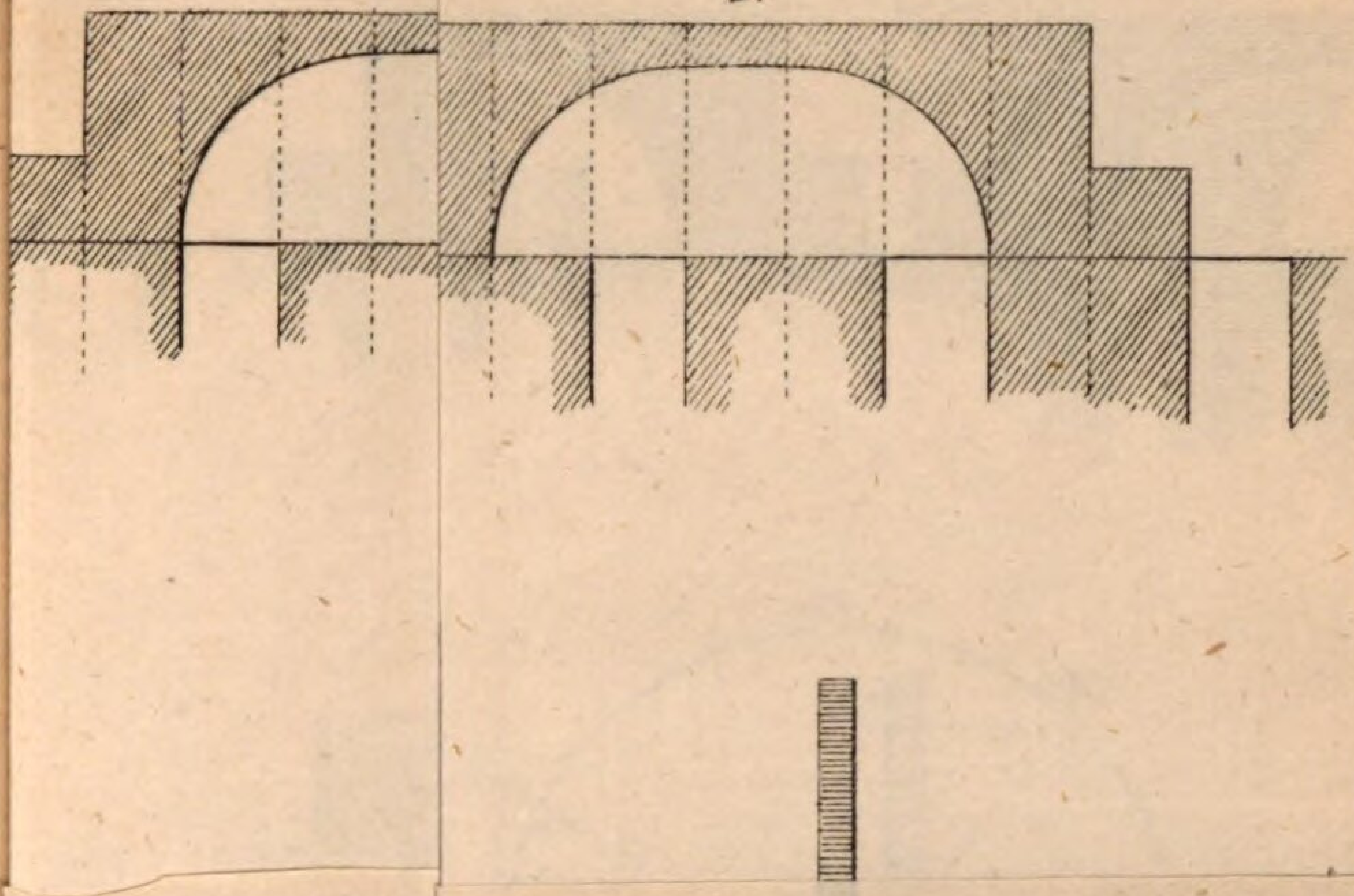


Taf. IX.

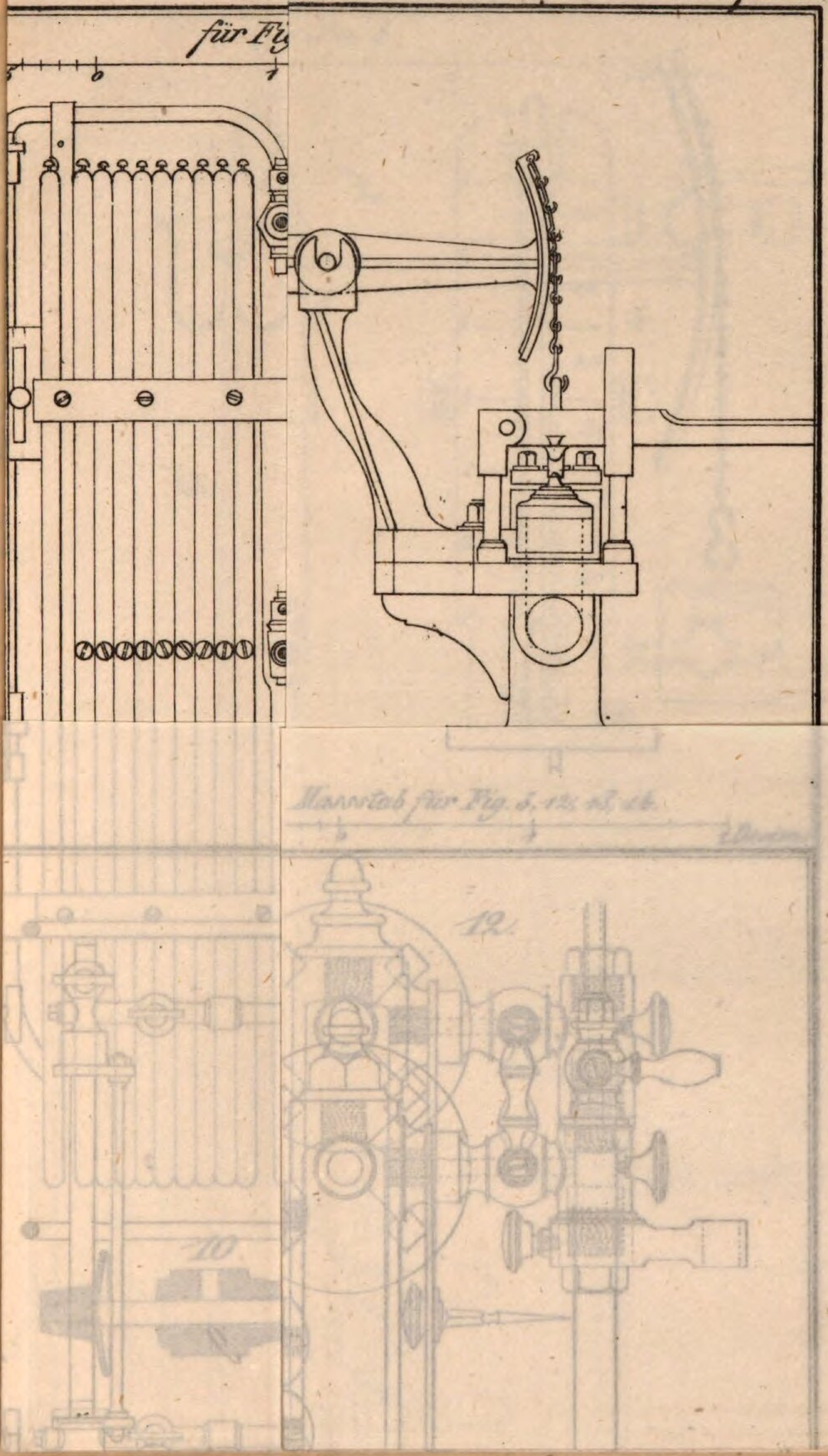


Taf. X.

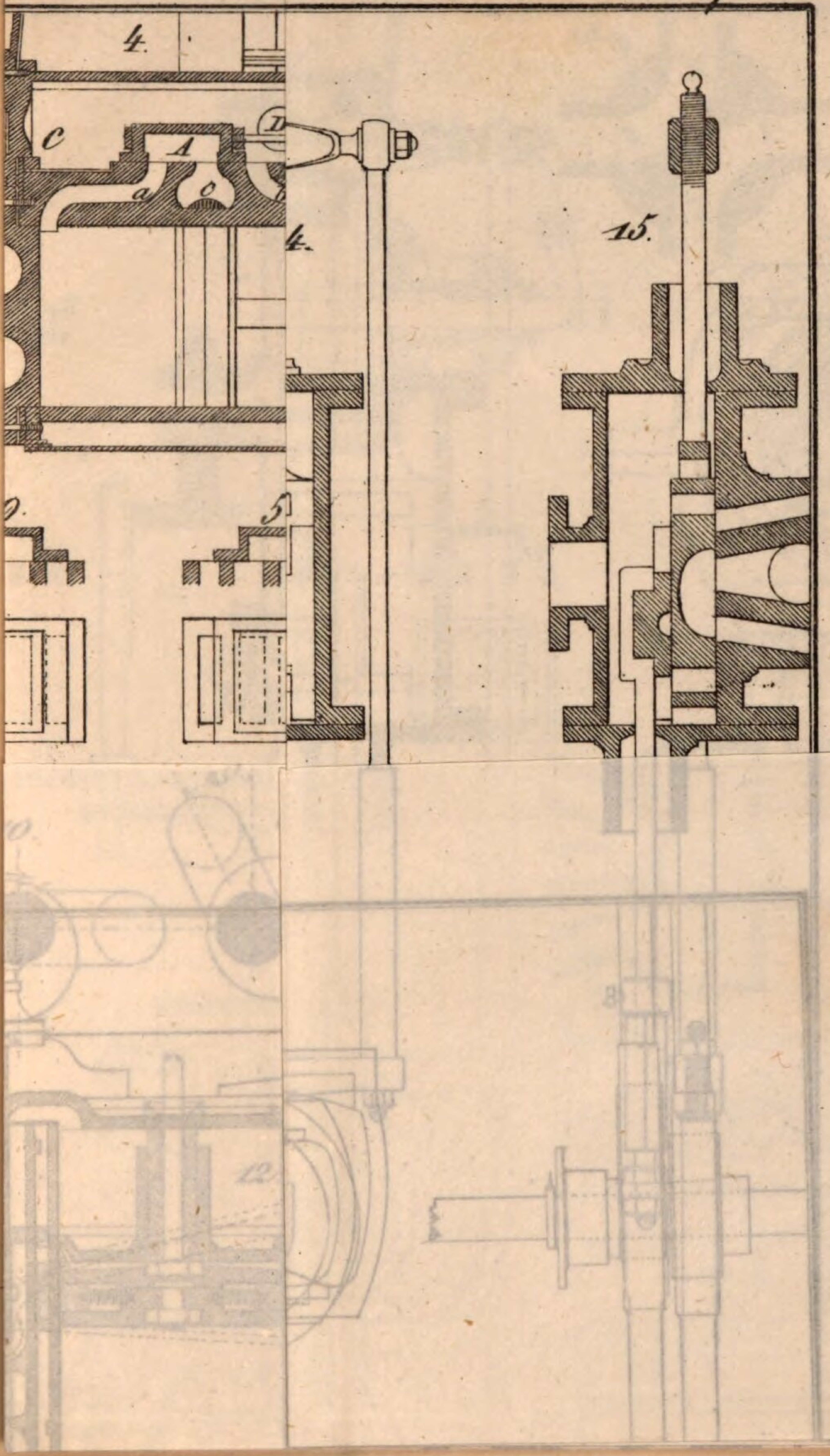
2 4



Taf. XI.



Taf. XII.



Taf. 13.

Taf. 14.

Taf. XV.

Taf. XVI.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

<<Der>> praktische Maschinenbauer ein Handbuch für Maschinenbauer, Mechaniker, Kunstdrechsler und Fabrikbesitzer

Bd.: 24. 1847

Quedlinburg ; Leipzig 1847

BHS III 1-24
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708242-5